

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial
15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1976.

Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano

MAESTRÍA EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES



INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD CONSTRUCTIVA EN UNA CASA CON BAMBÚ COMO OPCIÓN DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL PARA LA REGIÓN DE JALISCO.

2015-2016

EL BAMBÚ EN LA CONSTRUCCIÓN

Trabajo para Obtener el Grado de
MAESTRO EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES

Presenta: Ing. Agustín Segura Pérez

Tutor: Dr. Nayar Cuitláhuac Gutiérrez Astudillo

Tlaquepaque, Jalisco. noviembre de 2016.



Indicadores de sustentabilidad constructiva en una casa con bambú como opción de vivienda de interés social para la región de Jalisco. 2015 – 2016

El bambú en la construcción

Índice de contenido

RESUMEN	4
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.1 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE DESARROLLO O INNOVACIÓN	8
1.1.1 UBICACIÓN DE CAMPOS DISCIPLINARES	9
1.1.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	9
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN-PROBLEMA	10
1.2.1 DIMENSIÓN CUANTITATIVA	11
1.2.2 SIGNIFICACIÓN CUALITATIVA	12
1.3 IMPORTANCIA DEL PROYECTO	13
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN	19
2.1 ANTECEDENTES EMPÍRICOS DEL TEMA	23
2.2 REFERENCIAS CONCEPTUALES DEL TEMA	30
3. DISEÑO METODOLÓGICO	34
3.1 HIPÓTESIS	35
3.2 PREGUNTAS GENERADORAS	35
3.3 OBJETIVOS	37
3.4 ELECCIÓN METODOLÓGICA	40
3.5 SELECCIÓN DE TÉCNICAS Y FASE EXPERIMENTAL	41
3.6 CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN	62
4. ANÁLISIS, DESARROLLO DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS	63
4.1 SÍNTESIS INTERPRETATIVA DE LOS DATOS ANALIZADOS	64
4.2 HALLAZGOS APROVECHABLES DE LAS TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN APLICADAS	68
CALCULO DISEÑO DE CONEXIÓN.	93
4.3 DISEÑO APLICATIVO DE LA SOLUCIÓN	97
4.4 FACTIBILIDAD Y VALIDACIÓN	105



5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112
6 ANEXOS	118
6.1 FUENTES CONSULTADAS	119
6.2 FUENTES FOTOGRÁFICAS	122
6.3 PRESUPUESTOS	126
6.4 TRANSCRIPCIÓN ENTREVISTA	139
6.5 VACIADO ENCUESTAS	175



Indicadores de sustentabilidad constructiva en una casa con bambú como opción de vivienda de interés social para la región de Jalisco. 2015 – 2016

El bambú en la construcción

Resumen

Actualmente hablar de sustentabilidad e implementar este concepto en la construcción es una necesidad. El generar propuestas que satisfagan las necesidades del presente garantizando las mismas oportunidades para las generaciones futuras es una tarea que profesionistas debemos realizar. Es por eso que el objetivo de este trabajo es definir los indicadores de sustentabilidad constructiva en un sistema de construcción eficiente para la vivienda social, específicamente en una casa de interés social edificada con bambú para la región de Jalisco. En este trabajo se desarrolla y propone un sistema de construcción para la elaboración de una vivienda en Jalisco, donde el material principal es el bambú, se hacen recomendaciones al diseño de una conexión y se trata de demostrar que este sistema constructivo y el material pueden ser sustentables. Se trata de reconocer los beneficios en costo, tiempo, resistencia, impacto social y ambiental del bambú. Los resultados más importantes que encontramos en el desarrollo del trabajo corresponden a la construcción y el impacto ambiental. La planta del bambú tiene capacidad para la transformación de CO₂, regeneración de suelos y obtener el material por su rápido crecimiento y reproducción no tiene impacto en comparación de la madera. Por otro lado, el diseño de conexión que se pone a prueba arroja resultados que puede aportar a la construcción; lograr que el bambú con el refuerzo de PET tenga una mayor capacidad de carga y su comportamiento plástico después de la falla y no súbito puede ser una opción viable para usarla, además que es práctica, económica y se reutiliza material.

Palabras clave: Sustentabilidad, indicadores, sistema constructivo, bambú, vivienda sustentable, Jalisco.



Abstract

Nowadays, talking about sustainability and implementing this concept in the construction is a necessity. Generating proposals that meet the needs of the present by guaranteeing the same opportunities for future generations is a task that professionals must carry out. That's why the objective of this work is to define the indicators of constructive sustainability in an efficient construction system for social housing, specifically in a house of social interest built with bamboo for the region of Jalisco. This work develops and proposes a construction system for the construction of a house in Jalisco, where the main material is bamboo, recommendations are made to the design of a connection and it is tried to demonstrate that this constructive system and the material can be Sustainable. It is about recognizing the benefits in cost, time, resistance, social and environmental impact of bamboo. The most important results found in the development of the work correspond to construction and environmental impact. The bamboo plant has the capacity for the transformation of CO₂, regeneration of soils and the obtaining of the material by its fast growth and the reproduction has no impact in comparison of the wood. On the other hand, the connection design that is tested proves results that can contribute to the construction; That bamboo with PET reinforcement has a higher carrying capacity and its plastic behavior after the fall and can not be a viable option to use, in addition to being practical, economical and reuse material.

Keywords: Sustainability, indicators, building system, bamboo, sustainable housing, Jalisco.



Agradecimientos

A mi esposa por todo su apoyo para emprender esta nueva etapa.

Por sus palabras para dar todo en el camino.

A mi tutor Nayar por su tiempo y consejos.

A CONACYT por la oportunidad brindada.

Y a todos mis compañeros por tan gratos momentos compartidos.



1. Planteamiento del problema



1.1 Delimitación del objeto de desarrollo o innovación

Este trabajo consiste en crear un sistema constructivo con materiales alternativos, siendo el bambú el material principal, demostrar que este proceso puede ser sustentable y determinar qué zonas de Jalisco pueden ser aptas para la silvicultura del material. Por lo que el objeto de innovación de este trabajo son los sistemas de edificación, los materiales de construcción y la silvicultura.

La investigación tiene por concepto ordenador la sustentabilidad constructiva y el referente empírico es la vivienda sustentable con bambú. De estos términos se da el nombre que lleva la investigación: **“Indicadores de sustentabilidad constructiva en una casa con bambú como opción de vivienda de interés social para la región de Jalisco. 2015 – 2016”**

Estructuración del título de investigación.

El título está compuesto por dos variables y tres unidades de análisis:

La primera variable, **Indicadores de (sustentabilidad constructiva) en una (casa con bambú)**, dentro de esta, se encuentran las primeras dos unidades de análisis, una es la **sustentabilidad constructiva** y la otra la **casa con bambú**. Aquí se abordan los dos temas más importantes; la sustentabilidad y la edificación con bambú.

La segunda variable, **(Vivienda de interés social) para la región de Jalisco**, dentro de esta variable está la otra unidad de análisis, la **vivienda de interés social** que se limita a un sector mayoritario de la población que son de bajos recursos económicos.

Una de los temas es la unión de las primeras dos unidades de análisis, la otra es el enfoque al sector social al que va dirigido. Aquí también se menciona la ubicación, aunque no llega ser unidad de análisis si es importante ya que limita espacialmente.



La primera variable se puede caracterizar tecnológica – social – económica - ambiental y la segunda variables se caracteriza social – cultural - económica.

Caracterización de la investigación.

Con la caracterización de la investigación se pretende determinar los alcances y las limitaciones, la delimitación temporal es sincrónica que comprende el inicio del periodo primavera 2015 y concluye en el cierre de otoño 2016. La caracterización espacial es a nivel micro, que es el sistema constructivo de una vivienda de interés social, con este modelo se plantea que pueda ser aplicado en cualquier zona de Jalisco.

1.1.1 Ubicación de campos disciplinares

Este trabajo trata de materiales para la construcción y sistemas de edificación por lo que se relaciona con la **ingeniería civil** pues se harán pruebas mecánicas a modelos estructurales para conocer la **resistencia estructural**. También se vincula con **construcciones ligeras** para la creación de **casas**. Viviendas hechas con bambú, por lo que también se vincula con la **construcción de materiales alternativos**, donde se tendrá que revisar la tecnología de este material, los cuidados y los tratados que se le tendrán que dar para trabajarlo en la construcción. Como se trabajará con una planta (aunque ya tratada), también se piensa en trabajar la producción de la materia prima por lo que se vincula con la **silvicultura**, se tendrán que revisar la **conservación, las técnicas de cultivo** y la obtención del **producto**, así como también se tendrá que revisar y controlar la **erosión del suelo**.

1.1.2 Definición de términos

A lo largo de este trabajo se estarán utilizando términos especializados como:

Modelos estructurales: para referirnos a las armaduras que se someterán a pruebas mecánicas de laboratorio.

Propiedades mecánicas: son las características que brindan el material y los modelos sometidos a pruebas de cortante, flexión, compresión, etc.



Vivienda interés social: que define las unidades habitacionales de menor costo económico, destinada a cubrir el problema de déficit de casas presente en las áreas más marginadas socialmente.

Silvicultura: es el cuidado de los bosques, cerros, etc. es la ciencia que trata del cultivo, de las técnicas que se aplican para la obtención de maderas en un proceso continuo y sostenible.

Culmo: Se usará la palabra culmo, cuando nos refiramos al tallo de bambú. Por lo general es hueco y con nudos

Nudo: Parte o estructura del tallo que lo divide en secciones por medio de diafragmas.

Diafragma: Membrana rígida que forma parte del nudo y divide el interior del culmo en secciones.

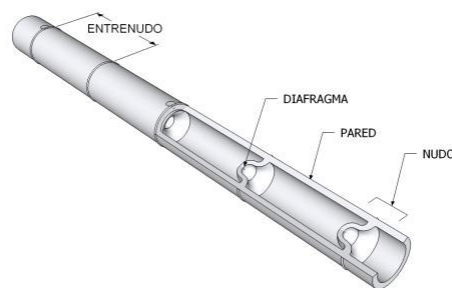


Ilustración 1. Partes de un culmo, fuente www3.vivienda.gob.pe

Guadua: Tipo de bambú estructural, llamado científicamente *guadua angustifolia*.

1.2 Descripción de la situación-problema

La situación-problema que plantea, es desarrollar un sistema constructivo sustentable que sea eficiente para ayudar con la problemática que se vive en la vivienda de interés social. Que cumpla y satisfaga las necesidades de las familias de Jalisco. El bambú ofrece cualidades estructurales que pueden resistir cargas muy similares a la tensión y compresión, por lo que puede usarse en la construcción como viga y columna, se pueden crear armaduras muy similares a las que se forman con el acero, dando resultados muy eficientes, tal vez no con la misma resistencia, pero si con el mismo comportamiento, (Aguirre, 2008). Actualmente es considerado el acero vegetal, además el costo de este material en



comparación con otros materiales tradicionales es muy bajo, ya que su auto reproducción y el tiempo de espera para ser utilizado es muy corto en comparación con otras maderas que se usan en la vivienda (Aguirre, 2008), además la aplicación de la silvicultura de esta planta puede ser un proceso sustentable.

Por otro lado, se necesitan en Jalisco construcciones que satisfagan las necesidades vivienda de las familias a un menor costo, tiempo y con menor impacto. Las casas construidas por las diferentes empresas, de las cuales brinda apoyo el gobierno, están hechas por y para intereses económicos propios, ya que las condiciones tanto de los terminados, el tamaño, la distribución, la infraestructura, las vías de comunicación etc. no cumplen con las necesidades de los usuarios, estas condiciones que se mencionan, han ocasionado que estas casas sean abandonadas, creando problemas mucho más serios para la sociedad (inseguridad, vandalismo, robo, etc.) (Sanchez, 2012). Hablo específicamente de algunos casos que se presentan en las viviendas de algunos fraccionamientos en el municipio de Tlajomulco, Tonalá y Tlaquepaque.

1.2.1 Dimensión cuantitativa

Como se menciona las necesidades de la vivienda de una familia las podemos agrupar en funcionalidad, costos accesibles, acceso a prestaciones como los créditos de INFONAVIT y que estas no tengan un impacto tanto social, ambiental, vial y entre muchos otros. La realidad es otra, las casas que se construyen tienen una gran carencia en los aspectos mencionados y ocasionan problemas mucho más complejos como lo que pasa actualmente en los fraccionamientos de las periferias del Área Metropolitana de Guadalajara que es el abandono de viviendas.

Esta situación ha colocado a Guadalajara como la sexta ciudad del país con más viviendas deshabitadas seguida de Tijuana y Ciudad Juárez que tienen un abandono de 124 mil y 111 mil casas, esto equivalente al 20% de las viviendas este problema nos lleva a colocar a México como el segundo país con un mayor porcentaje de abandono 14.2% encabezando Argentina (Blas, 2015).



Además de este problema, en el país y principalmente en las ciudades con un mayor crecimiento como Jalisco, existe una gran demanda de vivienda, una creciente parte de la población llega a vivir a la metrópoli por lo que la construcción de espacios habitacionales es una constante necesidad. Según un documento de la SEDATU en 2014 se requerían al menos 2.9 millones de viviendas nuevas o usadas para abatir el déficit habitacional actual. El documento calcula que entre 2014 y 2018 se demandarán 2.88 millones de viviendas, de acuerdo con las proyecciones del crecimiento demográfico. (idem, 2015)

En un estudio de tesis en la universidad de Colombia se hizo una comparativa de energía requerida para construir 2 viviendas completamente iguales a diferencia que en una se usaría el concreto y en otra el bambú como material principal. Los datos que arrojaron fueron que la casa de bambú consume 46.482 megajoules menos que una de concreto (Villegas, 2005)

1.2.2 Significación cualitativa

Para las familias mexicanas la adquisición de una vivienda es un acontecimiento que ayuda en el desarrollo personal, social y cultural, esto se debe al sentido patrimonial que se les da a estos inmuebles, ya que en ellas recae la idea de arraigo colectivo como lo es la solidez y durabilidad de la construcción y la potencialidad de transmitir el bien a generaciones futuras. En este sentido el construir una casa de bambú denota a la sociedad una percepción de fragilidad, de poca durabilidad y de pobreza. Lo que dificulta la aceptación comercial entre la población y la demanda (“Clase IDI II,” 2015).

La aplicación de la silvicultura de una madera como el bambú que no es usada en la zona de Jalisco, sino que al contrario es hasta vista como una plaga, dificulta la percepción de verla como una técnica que puede beneficiar, económicamente y ambientalmente en los terrenos con factibilidad para la plantación de esta planta. (“Taller construcción con bambú - Parque agroecológico Zapopan,” 2015)



El aceptar la sustentabilidad como una necesidad es difícilmente aceptada en la sociedad, ya que existe la errónea idea de que el planeta es un proveedor de recursos ilimitados, por lo que la creación de proyectos con un enfoque en esta idea puede dificultar la aplicación de los mismos.

1.3 Importancia del Proyecto

Este tema de investigación es importante para la sociedad, porque se va a proponer un sistema de construcción sustentable con bambú. Con este proceso constructivo se quiere disminuir los costos de la vivienda, tener un mayor rendimiento en los tiempos de edificación, mejorar la casa de interés social a partir de las necesidades de las familias y fomentar el uso de ecotecnias para mitigar el impacto ambiental. Los elementos que configuran el tema es la sustentabilidad en la construcción, la vivienda de interés social, el bambú como material alternativo en la construcción y la ubicación donde se plantea la investigación que es Jalisco. Estos elementos se relacionan ya que hay una línea que los une que parte de la sustentabilidad en la construcción para la creación de vivienda utilizando el bambú como material y que sea aplicable en Jalisco.

Justificación Social

La vivienda es una de las principales necesidades que se viven en nuestro país y como lo marca la ley de la Constitución Mexicana en el artículo 4 toda persona y familia tenemos derecho a una casa digna y decorosa. El tener acceso a una vivienda digna es una condición necesaria para el desarrollo pleno como individuos, necesaria para lograr una vida segura, autónoma e independiente y que esta vaya de la mano de los derechos de acceso a la educación y la salud. Además, las casas tienen que brindar a sus habitantes seguridad, habitabilidad, salubridad y contar con los servicios necesarios.

La realidad es que las casas que se construyen carecen de las condiciones necesarias para el desarrollo humano, no satisfacen las necesidades de las familias y lo que es peor una gran parte de la población no cuentan con una casa o un techo donde dormir. (“Clase IDI II,” 2015)



Ante esta situación los beneficiarios finales serán las personas de bajos recursos que viven en la zona metropolitana de Guadalajara y en pequeños pueblos y rancherías de las zonas rurales de Jalisco. Es por eso que los motivos de esta investigación es crear un sistema y modelo, donde los usuarios sean cuestionados para conocer sus necesidades y a partir de las propiedades que brinda el bambú se generen proyectos de calidad que cumplan con estas demandas, que los costos de construcción y la facilidad para créditos sean menores a los costos de vivienda tradicional y que la capacidad adquisitiva sea mayor.

Justificación Profesional

El bambú es un material que ha sido usado a lo largo de la historia del hombre, el cual cuenta con cualidades físicas y mecánicas muy resistentes con las que se pueden crear sistemas, armaduras y estructuras que pueden ser la base para una vivienda. Esto visto en proyectos en los últimos años en países de Latinoamérica como Colombia, Ecuador, Guatemala, Perú entre otros, donde se lleva un gran avance en estas técnicas y se han podido dar soluciones a la problemática de vivienda, ha generado intereses económicos y aporta en la lucha contra el impacto ambiental.

En esta investigación se quiere; que a pesar de que en México ha empezado la implementación de este material; se genere un mayor estudio, se construya un mayor conocimiento y se le dé una mejor aplicación, ya que no cuenta con el reconocimiento y la importancia que puede tener en la construcción y es por eso que carece de ayuda profesional y científica.

Se plantea que al usar este material alternativo que es sustentable, se puedan crear viviendas que también lo sean y en conjunto con otras eco-técnicas se ayude a combatir la problemática ambiental. Que con esto se obtenga ayuda de organizaciones que están en pro del medio ambiente y de fondos del gobierno destinados a este tipo de proyectos.



Justificación Personal

Personalmente considero que uno de los principales factores causantes de problemas sociales, culturales, de seguridad, de movilidad, de salud, económicos, entre otros; es la falta de vivienda, que está sea de calidad y que cumpla con las necesidades de una familia de interés social de Jalisco. Por eso, creo que tengo una responsabilidad de aplicar mis conocimientos de la ingeniería civil y de la construcción para crear investigaciones que propongan soluciones y que sean una alternativa a la vivienda que existe en el mercado actual. Otro problema es el autoconstrucción, con la investigación pretendo que esta se pueda seguir dando pero que sea planeada, ordenada y supervisada.

Otra razón por la que escogí hacer la investigación, es la problemática ambiental en la que vivimos. Creamos y destruimos sin pensar en las consecuencias que ocasionamos al medio ambiente, no somos conscientes que sin los recursos que nos brinda el planeta no es posible hacer lo que hemos logrado y mucho más importante no es posible la vida y a los pasos agigantados que estamos dando esta será una realidad no muy lejana. Para mitigar, ayudar y tratar de generar un poco de conciencia estoy escogiendo el bambú como material para la construcción porque además de tener características estructurales para generar vivienda, es una planta sustentable que ayuda en diferentes formas al planeta, una de ellas es que puede sustituir a las maderas ya que el tiempo de crecimiento es muy rápido a comparación de otros árboles, la tala del bambú puede existir siempre ya que su reproducción es muy grande y se auto-reproduce y con la plantación de una planta de bambú se puede capturar el doble de CO₂ más que un árbol, entre muchas otras más.

Viabilidad de la investigación

Es posible llevar a cabo esta investigación, porque para la creación del modelo constructivo ya se cuentan con estudios, pruebas y modelos que han sido usados en otros países, además



si se requiere de información o conocimiento adicional de las características físicas y mecánicas se le pueden hacer los estudios correspondientes en el laboratorio de la universidad.

El bambú es la planta de mayor crecimiento de todo el planeta, quizás la criatura viva que más rápidamente crece. Aunque la materia prima no se encuentra en la región, las condiciones climáticas son muy factibles para la plantación del material y es económica (“Taller construcción con bambú - Parque agroecológico Zapopan,” 2015), además para cuando sea necesario el material se puede traer de Veracruz o Puebla donde hay empresas que ya lo comercializan.

Para dar algunos ejemplos de las aplicaciones que se han hecho con este material hay que mencionar a Colombia, que ha sido uno de los principales países de América Latina en impulsar el uso del bambú en la construcción. El arquitecto Simón Vélez es uno de los más importantes en promover el uso de esta planta en nuevas construcciones, pues ha creado una gran cantidad de proyectos importantes, estos reconocidos a nivel internacional, tales como el “Museo Nómada” del Zócalo de la Ciudad de México, “El Pabellón Zeri” construido para la exposición 2000 en Hannover, una iglesia en Colombia, entre muchos otros. (Velez, Simón, n.d.) Se pueden observar en la ilustración 2, 3 y 4. Así como estos ejemplos existen cada día más y más proyectos usando esta tecnología alrededor de todo el mundo.



Ilustración 2 - Museo Nómada, estructura de bambú. fuente www.archdaily.mx



Ilustración 3 - Pabellón Zeri, estructura de bambú. Fuente www.archdaily.mx



Ilustración 4 - Iglesia Colombia, estructura de bambú. Fuente www.archdaily.mx

Entre otros usos que se le da al bambú están la elaboración de pisos laminados, muebles, persianas, elementos decorativos, utensilios para una gran variedad de usos domésticos (cucharas, platos, recipientes, etc.) y como elementos para creación de andamios y puntales.

Como ya se ha mencionado el bambú ofrece características físicas y mecánicas con las que se pueden trabajar para crear modelos, armaduras, estructuras, techos, cubiertas, que se pueden implementar en una vivienda. Se espera también que en el modelo de construcción a desarrollar se le dé un mayor uso al que se menciona, por ejemplo: recubrimientos, puntales, refuerzos y hasta cimbra. Por otro lado, existen tecnologías para dar tratamientos



al material y crear piezas laminadas que pueden ser utilizadas en pisos y terminados para la vivienda.

Por el lado ambiental, con las plantaciones de bambú está demostrado, que con esta planta se puede transformar el doble de CO₂ para convertirlo en oxígeno (Díaz, Félix, n.d.), por eso una de las principales funciones es ayudar al planeta, donde se esperan dar recomendaciones de las zonas con alta factibilidad para la silvicultura de este material en la región de Jalisco que cuenten con potencialidad para el crecimiento y desarrollo. También con estas plantaciones se pretende recuperar suelos erosionados ya que es otra de las funciones que brinda el material.



2. Estado de la cuestión



Este material ha sido utilizado a lo largo de la historia del hombre en diferentes países de todo el mundo, con fines muy variables que van desde alimento, construcción, para la creación de papel, muebles, artesanías, pisos, laminados, entre otros. Con resultados muy variados, desde la obtención de ingresos económicos, recuperación de suelos erosionados, hasta para la venta de bonos de carbono (Hernández, 2013).

El bambú actualmente se conoce como el oro verde del siglo XXI y se ha convertido en una alternativa para mitigar los efectos causados por el cambio climático y como una solución energética para el gran déficit mundial actual. (ibíd.)

Es una planta auto-sostenible, de rápido crecimiento. Con el bambú se pueden solucionar los problemas ambientales, sociales y económicos. Esta planta ha sido utilizada desde hace siglos por su excelente relación resistencia-peso, alta sostenibilidad debido a su velocidad de crecimiento (3 a 6 años) y flexibilidad arquitectónica para la creación de diversas formas geométricas (L. F. Lopez & Correal, 2009)

China

Este país es uno de los países más ricos en términos de recurso bambú y extensión de bosques de la planta. Tiene el mayor número de especies de bambú en el mundo muchas de ellas con gran importancia económica.

El bambú se emplea en la construcción de casas y vallados, para puentes colgantes sobre torrentes montañosos, y para almadías. Las cañas de bambú, verdes y gráciles, realzan la belleza de las aldeas, de los sitios pintorescos y de los lugares históricos. En las últimas décadas China ha prestado una atención sin precedentes al manejo de los bosques de bambú. Los enormes beneficios económicos derivados de la silvicultura del bambú han contribuido mucho al desarrollo rural y mitigación de la pobreza. La industria del bambú se ha convertido en el pilar de la economía. Además de ser una herramienta para la mitigación de la pobreza



en zonas rurales, las plantaciones de bambú son también un importante sumidero de carbono y una opción clave para mitigar la degradación del suelo. (Troya & Xu, 2014)

América

En países centro y sudamericanos, tales como Brasil, Colombia, Perú, Venezuela, Costa Rica, etc. El uso del bambú como material de construcción es una práctica común. Dichos países han creado, (si bien algunos ya lo tenían) sistemas de cooperación e intercambio de datos para conocer más sobre las propiedades físicas y mecánicas de las diversas clases de bambú, esto con el fin de establecer la factibilidad de su uso en distintas regiones de dichos países y del mundo en general.

Costa Rica cuenta desde 1996 con un Centro de Investigación y Tecnología Aplicada al Bambú que tiene como objetivo la investigación, la capacitación y la promoción del uso e industrialización del bambú. Este centro tiene como antecedente el proyecto nacional del bambú que tenía como propósito principal satisfacer la demanda de vivienda en el medio rural de bajos ingresos utilizando un material diferente como es el bambú (Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos, n.d.).

Guatemala cuenta con uno de los primeros proyectos de investigación multidisciplinar que pretende incentivar la utilización del bambú en la fabricación de casas. (Godinez & Estuardo, 2006)

Colombia tiene más de 51 000 especies de plantas, y es considerado uno de los cinco países mega diversos del mundo. Las investigaciones principalmente se han enfocado al guadua, se le han hecho estudios en el área de la taxonomía, anatomía, biomasa, cuantificación de servicios ambientales, captura de CO₂, inventarios forestales, métodos de propagación, distancias de siembra, fertilización, calidades de sitio, manejo y regímenes de aprovechamiento, preservación y secado, propiedades físicas y mecánicas, comportamiento estructural, uniones, y estudios de mercadeo. (Díaz, Felix, n.d.)



México

La distribución geográfica de los bambúes se presenta básicamente en las regiones tropicales y los estados con mayor número de especies son Chiapas, Veracruz y Tabasco. También en los estados de Jalisco y Michoacán se presenta un número importante de especies. En algunas partes de los estados de Veracruz, Tabasco y Chiapas plantaciones con especies introducidas de Asia y Sudamérica, destacan la guadua. La información tecnológica sobre las propiedades físicas y mecánicas del bambú en México prácticamente no existe, por lo tanto, es necesario desarrollar trabajos de investigación con el fin de subsanar estas deficiencias de información sobre las especies que crecen en México (Hernandez, 2013).

Jalisco

La rica y conservada vegetación de las montañas de Jalisco, guardan entre sus diferentes especies vegetales a varios tipos de bambúes silvestres. En las zonas bajas de esta región se pueden observar poblaciones abundantes de *guadua paniculata* identificado fácilmente por sus destacadas y agudas espinas en los nudos. *Otatea acuminata* es muy variable en Jalisco, pues se han podido diferenciar varias poblaciones donde el tamaño, grosor y forma biológica de la planta, pueden indicar lo variable de las condiciones ambientales donde crece. (Pérez & Cortés, 2005)

Con base en la definición de sustentabilidad del modelo de desarrollo sustentable que es con la que se va hacer esta investigación, donde se define que el desarrollo tiene que satisfacer las necesidades del presente sin disminuir las generaciones futuras, a partir de un crecimiento económico, con innovación y transferencia de la tecnología, con un buen manejo de los recursos naturales, con la reducción de la tasa de crecimiento de la población, con la cooperación internacional y con la elaboración de leyes ambientales (Tetreault & Darcy, 2004) Con ayuda en esta definición se buscarán trabajos de referencia que se hayan hecho y nos den soporte al objeto de estudio que se está planteando.



2.1 Antecedentes empíricos del tema

Como se menciona en el apartado anterior, el bambú ha sido utilizado a lo largo de la historia y alrededor del mundo con una amplia gama de aplicaciones, pero en los últimos años ha sido implementado en la construcción para satisfacer necesidades económicas, ambientales, de vivienda y sociales. Esta aplicación ya no solo nace por mera necesidad, si no que su aplicación ha sido cuestionada, y ha generado conocimiento empírico, científico, algunos ejemplos se mencionan a continuación.

En Colombia donde se tiene un gran avance sobre el tema, han creado productos compuestos por la madera laminada del bambú y sobre estos compuestos se han hecho estudios para ser usados como material estructural. Este estudio es realizado en la Universidad de los Andes en Bogotá, específicamente sobre laminados de *guadua angustifolia* para determinar sus propiedades mecánicas (resistencia a la compresión y tensión) tanto paralela como perpendicular a la fibra, la resistencia al corte paralelo a la fibra y la resistencia a la flexión, para verificar si es apto para la aplicación estructural. Las conclusiones del trabajo, arrojan datos donde se puede considerar como una alternativa ingenieril con excelente resistencia y ambientalmente sostenible (L. F. Lopez & Correal, 2009).

También de Colombia y con uso de *guadua* laminada existe otro estudio que trata sobre diseño y construcción de viviendas con el fin de mostrar el potencial de uso industrial de este material y aumentar su demanda, en este trabajo se construyó un hogar para personas de edad avanzada que fue hecha utilizando elementos estructurales de *guadua* laminada, con la participación de la comunidad bajo la supervisión de la Universidad Nacional de Colombia, en este estudio se presentan el diseño arquitectónico y estructural basado en los resultados experimentales de muestras y elementos, el proceso de fabricación, la prueba de una parte de la estructura y la construcción en el sitio. En sus conclusiones comentan, que el proyecto fue factible por los resultados obtenidos del módulo de elasticidad del bambú. Para la construcción del prototipo de la vivienda fue muy importante la ayuda de la comunidad,



donde a pesar que no tenían la herramienta ni la mano especializada pudo lograrse la implementación del proyecto. (Luna & Takeuchi, 2014).

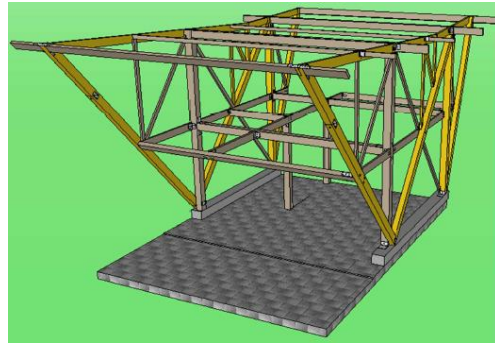


Ilustración 5 - Estructura prototipo. Fuente Home for Elderly People Built by the community with Structural



Ilustración 6 - Perspectiva prototipo. Fuente Home for Elderly People Built by the community with Structural

Alta producción de biomasa y otras características convierten al bambú en un elemento estructural inteligente: su alta relación resistencia / peso; nodos naturales espaciados a lo largo del tallo que evita el pandeo local y la distribución gradual de las fibras de interior hacia el lado exterior de la pared de espesor. Por lo tanto, la aplicación de bambúes como estructuras de tracción es una elección coherente desde estas tendencias modernas que caracterizan una arquitectura ligera (Orozco, Villegas, & Garcia, 2014)



Uno de los principales problemas del uso del bambú en la construcción han sido las conexiones, pero a partir de esta problemática también han surgido estudios e investigaciones para dar solución y eficientar la construcción de bambú.

En general, los distintos autores que se dedican a la investigación y construcción con bambú, reconocen la dificultad e importancia que tiene el diseño de las uniones de guaduas que funcionan como nudos en las estructuras. Particularmente (L. Lopez & Trujillo, 2002) indican que las uniones son “el eslabón más débil”, por lo que hay que tener especial cuidado al diseñarlas. Los autores sostienen que las uniones de guadua tienen un desempeño pobre a tracción, y que esto ocasiona que una armadura no funcione como tal. El Dr. Salaz (2006), en su tesis doctoral, comenta que “las uniones en el bambú son quizás el punto más relevante para tener en cuenta para la construcción con este material”, y dedica una parte de su investigación a las uniones propuestas por Simón Vélez. Para resolver el problema del trabajo a tracción de las uniones, el arquitecto Simón Vélez, rellenó con mortero los entrenudos de la conexión, para que el tornillo de transmisión de cortante entre las guaduas, no rasgara la pared de los culmos. (“Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural,” n.d.)

Ejemplos al respecto se tiene en el trabajo de Ana Olarte (2012) en su trabajo para la obtención de grado de maestro, donde presenta diseños de conexión con bambú laminados, estas conexiones forman parte de un sistema constructivo en específico, las conexiones son separadas por sus características estructurales y el diseño bajo el que están trabajando y hace comparaciones entre la modelación por el programa ETABS (software para diseño estructural) y los resultados de pruebas reales. Los resultados obtenidos demuestran que el bambú es un material resistente y bajo un diseño correcto se pueden obtener resultados, por ejemplo la cantidad de pernos requeridos no son con base en la resistencia del perno si no del propio bambú, que las placas utilizadas fallaron por el límite de fluencia del acero mucho antes que la sección del bambú (Bibliotecas, Olarte Arenas, & Olarte Arenas, 2012).



Otros ejemplos más completos sobre uniones se pueden encontrar en los reglamentos de construcción con bambú de Colombia y Perú donde además de las condiciones bajo las que debe diseñar vienen ejemplos gráficos de cómo realizarlas.

Además de los estudios a la resistencia también se han hecho investigaciones sobre los costos, de acuerdo con lo reportado por el Arquitecto Mario Álvarez, de Colombia, para sembrar una hectárea se requiere aproximadamente de 625 plántulas, en cuadrícula de siembra de 4x4 metros. Se estima que el costo de establecimiento de una hectárea es de US\$197.00, y para darle mantenimiento se consumen alrededor de US\$185.00, para un período de 5 años, incluido el valor de la mano de obra. Álvarez calcula que el valor del tallo maduro ya listo para la construcción es de 0.71US\$, según lo cual para construir una vivienda de 60 m² con 130 tallos maduros el costo de insumos básicos sería de US\$92.00 (en diciembre de 2000). Agregado a esto, los costos de transporte, cimentación en concreto armado, instalaciones eléctricas, hídricas y sanitarias y demás accesorios correspondientes (Godinez & Estuardo, 2006)

Debido al gran avance en materia que se tiene sobre el bambú en Colombia ya cuentan con un manual de construcción realizado por el arquitecto Oscar Hidalgo que presenta, los tipos de estructuras, uniones, amarres, cuidados, recubrimientos, y diferentes especificaciones que se pueden hacer con el bambú *guadua angustifolia*. (Hidalgo, n.d.)

Perú al igual que Colombia son de los países que cuenta con su propio reglamento de construcción con bambú “Norma técnica – E 100 bambú” emitido por el ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. En este reglamento se abordan generalidades y mantenimientos de la planta, presentan un sistema constructivo para la realización de un módulo de vivienda de 4.28m x 5.78m. Mencionan las características que debe tener un bambú estructural y lo complementan con el análisis y diseño estructural (cargas, esfuerzos admisibles, diseño por flexión, por fuerza axial, diseño de uniones y muros). Este reglamento es muy completo; sus anexos son muy claros e ilustrativos para ayudar en la construcción de la vivienda. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016)



Las viviendas y las estructuras son una de las aplicaciones más tradicionales del bambú. Los culmos de bambú son elementos estructurales ligeros y resistentes. Su diseño natural es una geometría optimizada, ya que la distribución de las fibras en sección transversal hasta los refuerzos naturales dados por nodos. Bajo la idea de ver al bambú como un mástil la universidad de Bello Horizonte Brasil, otro de los países de América Latina que trabaja y estudia esta planta; hace un estudio sobre el bambú *Phyllostachys pubescens* que es el eje de dos mástiles diferentes de 6 metros de largo. Los mástiles fueron previamente proyectados con la ayuda del software de análisis estructural SAP 2000 y probados mecánicamente en compresión axial. Los bambúes no tienen un eje longitudinal recto. Por el contrario, como se ve en Moreira y Ghavami (2014) el eje longitudinal describe diferentes curvas a lo largo de la longitud del cuerpo. Según investigaciones anteriores, el bambú se abrocha en un plano que contiene la imperfección inicial máxima. Las conclusiones de estas pruebas ayudan a corroborar lo que se plantea, el bambú tiene un funcionamiento regular y mecánicamente previsible, si se evita el desplazamiento longitudinal puede aumentar considerablemente la capacidad de carga del mástil. (Moreira, Da Silva, & Rodrigues, 2014)

De las conclusiones que se obtienen en el estudio de Moreira y Da Silva (2014) específicamente sobre evitar el desplazamiento longitudinal, una empresa mexicana llamada Bambuterra en unión con otra llamada Kaltia crean un sistema constructivo; donde uno de los elementos “la bambulosa” hace referencia al estudio presentado en la universidad de Bello Horizonte, pues este sistema es una vigueta presforzada que evita la deformación o flexión a lo largo del elemento, creando un elemento estructural para losas de entrepiso y techos. La bambulosa es una alternativa sustentable para la construcción, con costo competitivo, óptimo desempeño estructural, alta durabilidad, y bajo impacto ambiental. La capacidad de carga de este elemento es de carga viva máxima 250 kg/m² y carga muerta (acabados, tinaco, muebles fijos) máxima 360 kg/m². (Bambuterra & Kaltia, 2015)



Ilustración 7 - Vigueta Presforzada Bambulosa. Fuente Sistema Constructivo BiBa.

El otro elemento que forma parte de este sistema es “el biopanel”, el cual es un sistema modular para la construcción de muros estructurales a partir de paneles modulares prefabricados con bambú. Está inspirado en el sistema vernáculo de construcción llamado bahareque. El biopanel es de fácil ensamblaje y bajo costo; con capacidad para resistir cargas verticales y acciones horizontales dinámicas originadas por sismo y viento de acuerdo a los reglamentos de construcción de México vigentes. (Bambuterra & Kaltia, 2015)

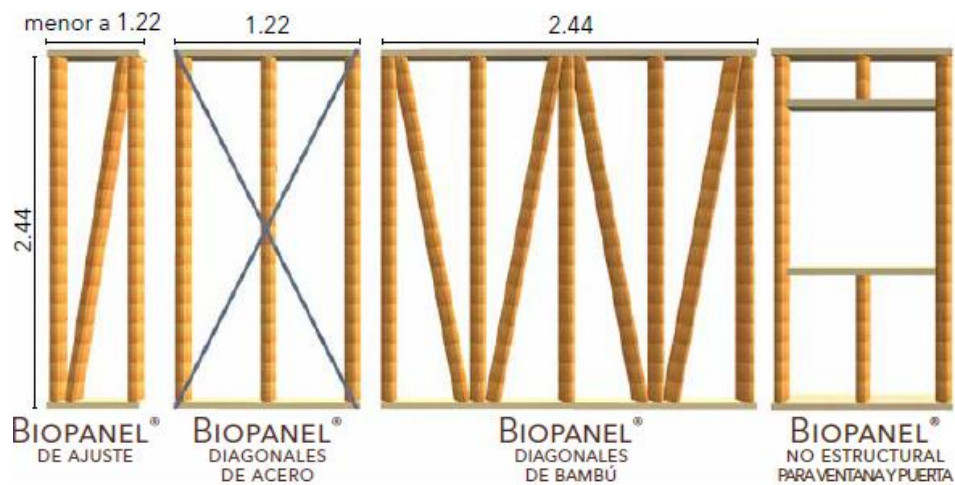


Ilustración 8 – Biopanel. Fuente Sistema Constructivo BiBa.

Otra empresa mexicana que ha participado en el desarrollo de la tecnología de construcción con bambú en el país es OJTAT. Ellos son un despacho de arquitectos motivados a encontrar nuevas formas de diseñar y construir espacios habitables, que protejan la salud de quien los habita, al tiempo que su construcción ayuda a regenerar los ecosistemas y su uso cotidiano a disminuir y reutilizar los recursos vitales como una respuesta positiva a la mitigación y adaptación al cambio climático. Esta empresa ha creado varios proyectos con la propuesta



de regenerar y transformar ciudades, pensando en comodidad y bienestar. Algunos de los proyectos que ha realizado son: auditorio flor del bosque, centro de capacitación ambiental, sendero interpretativo del bosque de bambú, entre otros. (Ojtat, 2016)



Ilustración 9 - Sendero interpretativo del bosque de bambú. Fuente <http://ojtat.org>



Ilustración 10 - Auditorio flor del bosque. Fuente <http://ojtat.org>



Ilustración 11 - Centro de capacitación ambiental. Fuente <http://ojtat.org>



2.2 Referencias conceptuales del tema

Para la creación de esta investigación, además del bambú como material para la construcción se toma el concepto de sustentabilidad y acotando este concepto tan complejo con definiciones tan variadas y con varios alcances se toma la sustentabilidad constructiva como eje principal para la investigación.

La sustentabilidad constructiva siendo el eje central de otras variables como la sustentabilidad económica, sustentabilidad social y sustentabilidad ambiental, buscan ser el referente en esta búsqueda para la identificación de los indicadores de una vivienda de interés social que sea sustentable.

Buscando la definición de sustentabilidad que más ensambla y que le da sentido al proyecto se toma una postura reformista que toman organismos como la ONU y que nace a partir del modelo dominante de desarrollo sustentable que se da en el informe de Burtland donde se dice que el desarrollo tiene que satisfacer las necesidades del presente sin disminuir las generaciones futuras. Esto con base en un crecimiento económico, innovación y transferencia de la tecnología, un buen manejo de los recursos naturales, la reducción de la tasa de crecimiento de la población, la cooperación internacional y con la elaboración de leyes ambientales. (Tetreault & Darcy, 2004).

La frase más importante de esta definición es; que en el proceso de desarrollo tenemos que buscar la manera de satisfacer las necesidades del presente buscando que en un futuro se tengan la misma capacidad de satisfacción para la humanidad, la pregunta será ¿Cómo lograr esto? ¿Cómo cambiar de paradigma? Cuando vivimos una sociedad de consumismo excesivo, de toma de recursos naturales que se vuelven finitos.

La biomímesis sería una gran respuesta, el aplicar este concepto en la forma de trabajar, crear, desarrollar y construir sería un buen camino que impacte en el cambio de paradigma de realizar las cosas y ayudaría en afirmar lo que se dice en el informe de Brutland. La



biomímesis del griego bios, vida y mimesis imitación. La imitación de la vida, una nueva ciencia que ve a la naturaleza como modelo, como medida y como mentor. Una era basada no en lo que podemos extraer del mundo natural, sino en lo que éste puede enseñarnos. (Benyus, 2002).

Además, el rápido desarrollo tecnológico y científico de la humanidad ha cambiado completamente la configuración de la superficie terrestre. Estos cambios son más rápidos que los cambios socioculturales y exigen un gran esfuerzo y colaboración global para seguir las nuevas necesidades de sistemas de producción y uso racional de los recursos ambientales. El desarrollo local basado en los recursos locales y la gestión social se considera una política correcta para erradicar la pobreza y promover la igualdad social basada en la dignidad de las personas. Es inevitable reconocer el desequilibrio entre el consumo de recursos y sus fuentes. La sostenibilidad es una consigna y los bambúes son una de las riquezas que permiten la creación de diferentes sistemas de producción sostenible. (Moreira et al., 2014). Como se ha dicho en el trabajo, el uso racional de materiales locales, la gestión correcta y el promover la igualdad llevará a encontrar el equilibrio hacia la sostenibilidad.

Al hablar de sustentabilidad es inevitable no mencionar estas tres grandes referencias (ambientales, sociales y económicas). Es claro que tienen una interconexión y encontrar el punto de equilibrio, trabajar, crear y desarrollar tecnología dentro de esta área será la oportunidad de cambiar la realidad consumidora en la que estamos y aspirar y esperar que nuestras generaciones futuras tengan las mismas oportunidades.

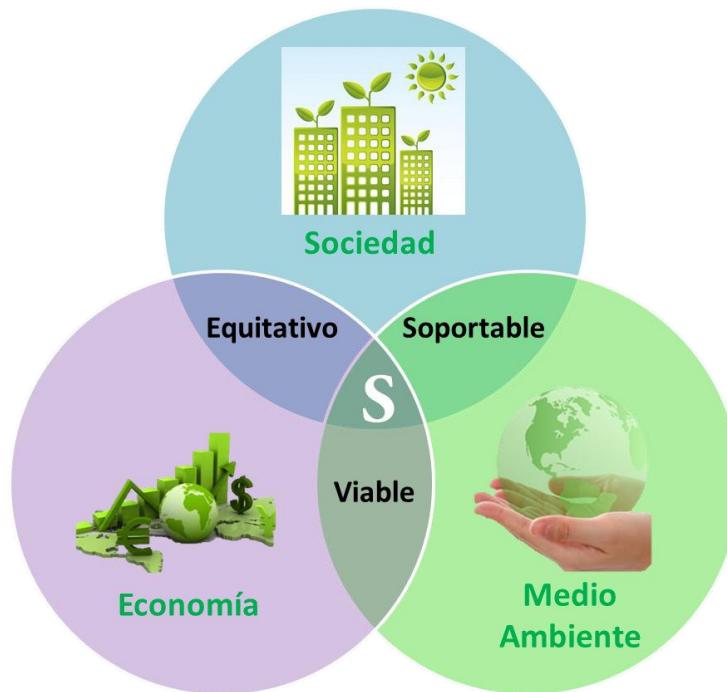


Ilustración 12 – Sustentabilidad. Fuente <https://riunet.upv.es>

Retomando la construcción, la vivienda, las edificaciones sustentables, ¿Cuáles son los indicadores que nos mostraran que realmente existe el equilibrio entre lo económico, social y ambiental y logremos la sustentabilidad constructiva? Si se habla de construcción sostenible, tendríamos que hablar del conjunto de estos tres requisitos, aunque actualmente la construcción solo se centra en el factor económico y en específico al costo a corto plazo.

Para encontrar estos indicadores que midan la sustentabilidad constructiva se tendrá que evaluar el impacto ambiental en la construcción de una vivienda. Dos herramientas para evaluar sin duda será la energía embebida y la huella de carbono. La huella de carbono es una medida de impacto que cuantifica el total de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) emitidos a consecuencia de una actividad, producto o servicio. La Energía embebida (MJ) es la energía total consumida para la construcción de un edificio. Incluye la energía empleada en los procesos de fabricación de los productos utilizados en la construcción, la energía consumida por el transporte de estos y la energía utilizada por la maquinaria en la ejecución.



En la construcción sostenible, para poder evaluar el impacto ambiental que crea un edificio es muy importante considerar el ciclo de vida completo, siendo este la suma de la energía consumida por un edificio más la energía necesaria en uso. Hay que tener en cuenta que hoy en día la energía consumida por el edificio está fundamentalmente ligada a su uso que es un 81%. En esta suma incluye la energía necesaria para la construcción y su demolición, que se hace mucho más significativa con tendencia de hoy en día de edificio de bajo consumo. Por lo que se debería prestar más atención a la elección de materiales que requieran menos energía desde su extracción hasta su demolición y posterior reciclado. En lo referente al factor económico un edificio tiene dos tipos de costes durante su ciclo de vida, uno directo y otro indirecto. El coste directo es el que supone de sus materiales, construcción y posterior mantenimiento y reparación, incluyendo la demolición final. Y luego tenemos los costes indirectos que son los costes de contaminación y los costes de uso como el agua, gas, y electricidad. Por lo que si incrementamos los costes directos invirtiendo en medidas que nos proporcionen mayor eficiencia energética ahorraremos a largo plazo en costes indirectos durante toda la vida del edificio. (Martínez, 2016).

El trabajo que se presenta en este trabajo puede aportar en la búsqueda de la sustentabilidad constructiva, al utilizar un material bastante noble que tiene beneficios y aportes económicos, ecológicos y estructurales. Con la vivienda que se quiere proponer puede ser el primer paso a un cambio de paradigma y dejar de convertirnos en un mundo destructivo y consumista optar por el manejo de materiales alternativos y sustentables, tener en mente que existen distintas formas de hacer las cosas donde no todas son dañinas para el futuro del ser humano. Este trabajo puede aportar en la creación de sistemas que partan de la biomimesis, que emiten la naturaleza que ha sido tan sabia desde la creación. Este trabajo ayuda a dar sentido a la definición del tratado de Brutland de buscar soluciones que no afecten las generaciones futuras. Pero como dijo Carlos Yori en su presentación en el ITESO, el primer paso lo estamos dando y tranquilos que estamos trabajando para la sociedad del siglo L



3. Diseño metodológico



3.1 Hipótesis

Si se puede ofrecer un sistema constructivo de vivienda sustentable con materiales alternativos que sea eficiente con igual resistencia estructural y durabilidad a los modelos de edificación convencionales, pero con menor costo económico y un tiempo de terminación más corto, se tendría una opción viable de vivienda de interés social que impacte en el sector popular y la producción social.

3.2 Preguntas generadoras

Pregunta principal

1. Un sistema constructivo con materiales alternativos para que sea una opción viable de vivienda sustentable de interés social e impacte en el sector popular y la producción social
¿Qué indicadores de sustentabilidad constructiva (resistencia estructural, costos económicos, tiempo de edificación, expectativas sociales) debe de cumplir?

Preguntas secundarias

Características estructurales

- ¿Cuáles sistemas constructivos se pueden aplicar para la creación de una vivienda sustentable de interés social con la *guadua angustifolia*?
- ¿Cuál es la capacidad a tensión, compresión, flexión y cortante de la *guadua* para la construcción?
- ¿Qué tipo de uniones estructurales son las indicadas para construcción de una vivienda?
- ¿Con qué otros materiales alternativos y tradicionales se puede reforzar el bambú para usarlo en el sistema constructivo?



Propiedades del material

- ¿Qué tratamientos se le da al bambú para usar en la construcción?
- ¿Cuál es el tiempo de crecimiento del bambú para darle uso estructural?
- ¿Cuántas plantas se necesitan para una vivienda de interés social?

Factores sociales

- ¿Cuáles son las necesidades de vivienda de interés social en Jalisco?
- ¿Cuál es la percepción de la gente de una casa de bambú?
- ¿Qué factores de la edificación social son los más importantes para una familia?
- ¿Qué es la sustentabilidad para una familia de Jalisco?

Factores económicos

- ¿Cuáles son los beneficios en costo económico de una edificación con bambú?
- ¿Cuál es el costo de construcción de una casa de bambú en comparación con una vivienda tradicional de interés social?
- ¿Es factible económicamente que una familia cultive el bambú para la elaboración de una vivienda?

Características de la vivienda

- ¿Cuáles son las ventajas en tiempo de construcción de una casa con este material?
- ¿Cuál es el tiempo de vida de una vivienda de bambú?
- ¿Este sistema constructivo puede ser compatible con otras eco-técnicas?



- ¿Este proceso de edificación necesita de mano de obra especializada o se puede dar la auto-construcción?

3.3 Objetivos

Objetivos generales

1. Definir los indicadores de sustentabilidad constructiva en un sistema de construcción con bambú eficiente para la vivienda social.
2. Proponer una vivienda sustentable de interés social para la región de Jalisco.

Objetivos particulares

- 1.1 Realización de pruebas de laboratorio a sistemas y uniones, donde a través de los resultados retroalimentar, recomendar y documentar de qué forma y bajo qué características se puedan resolver los problemas de calidad y resistencia del bambú en la vivienda.
- 1.2 Bajo las condiciones (físicas, de crecimiento de la planta y de propagación) que existen y donde ya se cultiva el bambú, se va a recomendar que lugares en Jalisco pueden ser factibles para la silvicultura. A través de la factibilidad técnica.
- 1.3 Definir los beneficios del uso del bambú como material de construcción para intentar cambiar la percepción cultural sobre este material con respecto a los materiales tradicionales.



Metas y Alcances

Las metas y alcances que se esperan en este proyecto de desarrollo e innovación es principalmente dejar una evidencia de los beneficios que puede ser el uso del bambú como material alternativo para la construcción, que pueda servir como referencia para trabajos posteriores y que tenga un impacto en el cambio de paradigma que necesitamos sobre el ideal de la sustentabilidad.

Las metas esperadas son: encontrar indicadores de sustentabilidad constructiva, económica y ambiental del uso del bambú en una vivienda de interés social, proyecto arquitectónico de vivienda con bambú como material alternativo, comparativa de uniones y datos estadísticos de las pruebas realizadas en el laboratorio, comparativa de una vivienda tradicional con la vivienda propuesta y la factibilidad técnica de la producción con bambú.

Árbol de medios y fines

A partir de la hipótesis, preguntas generadoras y objetivos se recurrió al uso de una técnica llamada el árbol de medios y fines. Esta técnica sirvió para identificar con mayor claridad cuál es el problema, cuáles son las causas, cuales son los efectos y llegar al efecto final. También ayudó a desarrollar las técnicas de investigación.



El resultado de esta técnica fue el siguiente.

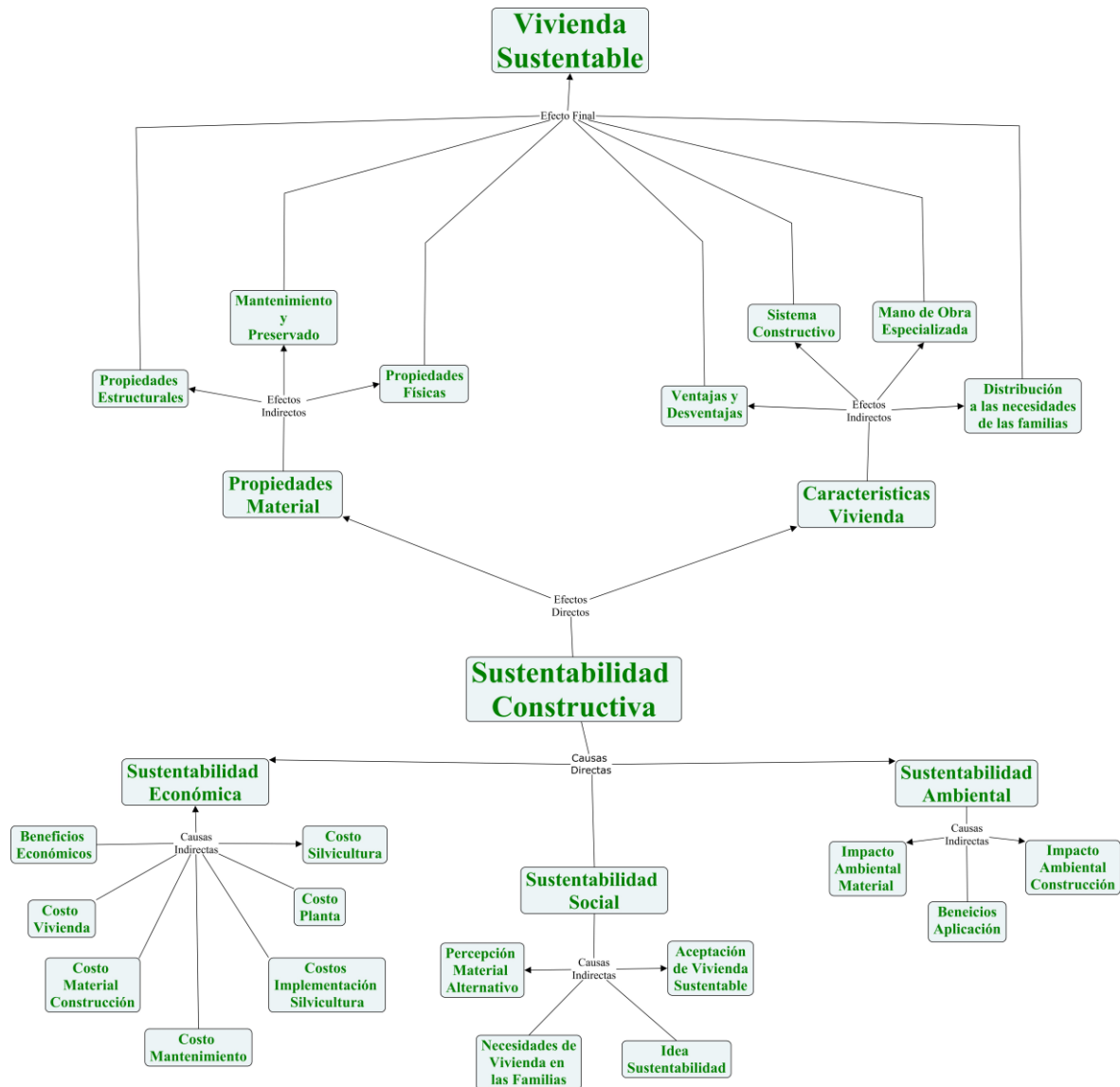


Tabla 1 – Árbol de medios y fines. Fuente Propia



3.4 Elección metodológica

Para realizar esta investigación se va a necesitar información de las características estructurales del bambú tales como propiedades mecánicas, resistencias a la compresión, flexión y cortante. Se van a necesitar propiedades del material para aplicar en la silvicultura y propiedades necesarias para la aplicación en la vivienda. Otros datos necesarios para la investigación serán los factores económicos: costos de la aplicación en la vivienda. Información también importante será características de la vivienda, como la funcionalidad y los beneficios que ofrece esta tecnología. Datos que serán clave en esta investigación van a hacer los factores sociales, es muy importante conocer cuál es la opinión de las personas sobre esta tecnología y si pueden estar dispuestos a vivir en una casa con estas características.

Para esta investigación se van a tomar dos posturas epistemológicas, una enfocada en el procesamiento de información cuantitativa y la otra en información cualitativa.

La postura epistémica realista – positivista. Esta investigación parte de una hipótesis, por lo que se resolverá deduciendo y tratando información cuantitativa y datos objetivos, obtenidos del diseño de experimentos de las pruebas que se le van a realizar el bambú, de cuestionarios para conocer la realidad en la que se encuentra la vivienda en México en un sector particular al que va dirigida la investigación.

La postura epistémica interpretativo – hermenéutico. Aunque la investigación como ya se mencionó parte de una hipótesis, también se van a necesitar datos cualitativos, estos obtenidos de las entrevistas y hasta de los mismos cuestionarios. Esta información como lo es la percepción cultural de las personas hacia esta nueva tecnología y hacia el material en si se tendrá que analizar e interpretar a fin de conocer si están dispuestos a utilizar esta nueva tecnología para la construcción.

Al utilizar estos dos procedimientos cuantitativa y cualitativa (deductivo e inductivo) podemos decir que la metodología será multimétodo.



3.5 Selección de técnicas y fase experimental

las técnicas de investigación que se seleccionaron para esta investigación son 4: observación directa, entrevista, cuestionario y diseño de experimentos.

1. **Observación directa.** El objetivo de esta técnica es que a través de un taller de construcción con bambú que se tomó con el Ing. Fernando Partida, se recogió información sobre las variedades de bambú con las que se puede construir, se recabó información sobre las propiedades del bambú, se trabajó con ella para reconocer los pros y contras del manejo y construcción.

Diseño de instrumento

Observación directa participante en el taller de construcción con bambú/casas ecológicas.

Objetivo

Del taller que se impartió por el Ing. Fernando Partida para la construcción de una unidad habitable ecológica destinada a personas de bajos recursos. Se va recogió información sobre el bambú: variedades de bambú estructurales, selección de tallos, diámetros y espesores, tipos de uniones, mano de obra, etc.

Focos de atención y observables

1. Características estructurales.
 - Tipos de bambú estructurales
 - Uniones
 - Vigas
 - Columnas



- Muros
- Refuerzo con otros materiales
- Armado de estructura

2. Propiedades del material

- Tratamientos
- Cuidados
- Volumen para una vivienda

3. Características del bambú para de la vivienda

- Selección de tallos
- Diámetros
- Espesores
- Mano de obra
- Herramientas

Lugares de la observación

La observación se llevó a cabo en el lugar donde se impartió el curso, el cual es en el parque agroecológico de Zapopan. Cerrada Santa Laura S/N Colonia Santa Margarita Zapopan, Jalisco C.P. 45130

Fecha

La fecha en la que se realizó es lo que duró el taller. Fueron los sábados 10, 17, 24 y 31 de octubre del 2015.

Responsable de investigación



Agustín Segura Pérez

Materiales necesarios

- Cámara fotográfica
- Libreta de notas
- Bolígrafo
- Cinta métrica



2. **Entrevista semiestructurada.** El objetivo de esta técnica es conversar con personas que tengan conocimiento en la silvicultura y construcción con bambú, para la obtención de información en temas particulares como: la potencialidad de las plantaciones comerciales y nuevos mercados para la explotación silvícola del bambú, así como las propiedades del material entre otros.

Diseño de instrumento

Entrevista a especialistas en los temas de la silvicultura y construcción con bambú.

Objetivo

El objetivo de la entrevista es la obtención de información a través de la conversación con personas que tengan conocimiento en la silvicultura y construcción con bambú, en temas particulares como: la potencialidad de las plantaciones comerciales y nuevos mercados para la explotación silvícola del bambú, así como las propiedades del material, factores económicos y características de la vivienda.

Informantes Clave

Se va realizar una entrevista a especialista en el tema, que ha trabajado el bambú desde hace varios años y que radica en la ciudad de Guadalajara.

El entrevistados será:

- Ing. Fernando Partida Pinto
Presidente de BAMBUXAL
Guadalajara, Jalisco



La elección del Ing. Partida es porque además tiene amplio conocimiento en la silvicultura y en los usos posibles para la construcción su trabajo se encuentra en la región de occidente del país.

Guion de entrevista

1) Silvicultura de bambú.

a) Propiedades del material

- i) Tipos de bambú
- ii) Métodos de propagación
- iii) Condiciones físicas y ambientales
- iv) Tiempo de crecimiento
- v) Producción
- vi) Plagas
- vii) Cuidados

Frases para inducir la plática

- De las especies de bambú que existen en el mundo ¿cuáles podemos encontrar en México?
- ¿Me puedes explicar o describir que tengo que hacer si quiero implementar la tecnología de la silvicultura de bambú?
- ¿Hay factores externos que dificultan el cultivo del material?
- Plátame las especies que se pueden sembrar en Jalisco y que se puedan usar en la construcción.

b) Factores económicos

- i) Precio de la planta
- ii) Costos de inversión
- iii) Costos de cuidados y mantenimiento



Frases para inducir la platica

- Si tenemos que hablar de los costos, tendríamos que tomar en cuenta el valor de la especie, los cuidados que se le dan, la inversión para una determinada área, pláticame sobre ellos.

2) Construcción con bambú

a) Propiedades del material

- i) Tratamientos para uso en la construcción
- ii) Cuidados antes y después de usarlos
- iii) Volumen de material para una casa
- iv) Dimensiones del terreno para el volumen necesario
- v) Tiempo de crecimiento para usarlo en la construcción

Frases para inducir la platica

- Si queremos usar el bambú para la construcción de una vivienda, existen tratamientos y cuidados especiales o lo podemos usar después del corte
- El volumen necesario de esta planta para una casa constaría de...
- El terreno para la producción de este volumen tendría que ser
- Para usarlo tendríamos que esperar a que llegue a la altura máxima o hay más condiciones.

b) Factores económicos

- i) Costo de la madera tratada
- ii) Costo de la construcción
- iii) Costos de mantenimiento

Frases para inducir la platica

- Los costos de una vivienda dependerán de las condiciones bajo las que se proyecte, pero si habláramos de una vivienda de interés social.



- El mantenimiento sería algo importante a considerar.
- Me podrías comentar sobre el costo de los tratamientos que le dan al bambú.

c) Características de la vivienda

- i) Tiempo de construcción
- ii) Durabilidad de una vivienda
- iii) Multifuncionalidad del bambú con otros materiales
- iv) Mano de obra

Frases para inducir la platica

- La percepción de las personas hacia esta tecnología podría ser variada y tal vez negativa, que ventajas podemos mencionar
- Con el uso de otros materiales tiene buen funcionamiento
- Para la construcción de una casa como esta, podemos usar a los albañiles que siempre usamos.

Datos complementarios

La entrevista se realizó por el maestrando Agustín Segura Pérez de forma presencial cara a cara en la casa del Ing. Partida. La fecha en la que se van a realizar es en el ciclo escolar otoño 2015.



3. **Cuestionario.** El objetivo de la encuesta es conocer la realidad sobre la vivienda de interés social en Jalisco, identificar cuáles son las necesidades principales de la casa para una familia de interés social, dar a conocer información sobre el bambú y conocer si las personas estarían dispuestas a vivir en una casa construida con este material.

Diseño de instrumento

Encuesta sobre la vivienda de las familias jaliscienses, conocimiento sobre el material bambú en la construcción y aceptación de esta planta en una vivienda.

Objetivo

El objetivo de la encuesta que se realizó fue la investigación sobre la vivienda de interés social en Jalisco, identificar cuáles son las necesidades principales de la casa para una familia de interés social, dar a conocer información sobre el bambú y conocer si las personas estarían dispuestas a vivir en una casa construida con este material.

Temas

4. Realidad y nivel de satisfacción de la vivienda actual
 - Modos de adquisición
 - Panorama familiar
 - Características de la vivienda
 - Estudio socio-económico
5. Necesidades de vivienda
 - Características sobre la vivienda deseada
 - Factores importantes en una vivienda



- Deseos de la vivienda

6. Conocimiento sobre el bambú en la construcción

- Costos de bambú vs materiales tradicionales
- Uso de bambú en México
- Resistencia bambú

7. Aceptación del bambú en la construcción

- Vivir en casa de bambú
- Opinión de bambú

Marco muestral

El marco muestral que se diseñó es un muestreo no probabilístico por conveniencia que seleccione a la población de Jalisco de nivel socioeconómico C, C- y C+, con un rango de edad de 25 a 50 años, sexo indistinto, que vivan en Jalisco. La muestra total fue de 100 encuestas a personas que se encuentren en zonas frecuentadas por el nivel socioeconómico que se necesita (plazas, espacios públicos, paradas de camión, fraccionamientos, etc.)

Fecha

Las encuestas se realizaron en el periodo escolar otoño 2015 en zonas que frecuenten personas de nivel socioeconómico C, C- y C+ como plazas, espacios públicos, paradas de camión y fraccionamientos, terminal de autobuses periférico y Colon, estación tren ligero periférico sur, fraccionamientos de Tlajomulco, Tonalá y Tlaquepaque).



Responsable de las encuestas

Agustín Segura Pérez

Martin Ramos

Mónica Segura Pérez

Formato de la encuesta

Folio 000

Nombre del encuestador: _____

Fecha: _____

Lugar de levantamiento: _____

Datos del encuestado

0.1 Edad: _____

0.2 Sexo: M F

1. ¿Cuenta con casa propia?

Si

1.1 ¿Como la adquirió? _____

(si no sabe, ayudar con opciones, crédito, INFONAVIT, autoconstrucción, otro)

No

1.2 La casa donde usted vive es

Rentada

Prestada

Vive con alguien

Otro: _____



2. ¿Cuántas personas viven en su casa?

3. ¿Cuál es su nivel de satisfacción en cuanto a tu casa? (¿Le gusta donde vive?)

Muy satisfecho Satisfecho Poco satisfecho Nada satisfecho

4. Me puede decir una descripción de la casa donde vive....

4.1 ¿Cuál es el número de cuartos? (contando las habitaciones, la sala, el comedor y la cocina): _____

4.2 ¿Cuál es el número de baños?: _____

4.3 ¿Cuenta usted con patio?: _____

4.4 ¿Cuenta usted con cochera?: _____

4.5 ¿Para cuántos autos? _____

4.6 ¿Conoces los metros cuadrados de construcción? Sí No

4.7 ¿Cuántos? _____

5. ¿Cuenta con algún tipo de prestaciones en su trabajo para adquirir una vivienda?

Si Pasar a la pregunta 5.1

No Pasar a la pregunta 6

5.1. ¿Cuáles?

INFONAVIT _____

FOVI _____

FOVISSSTE _____

OTRO _____



6. ¿Podría indicarme un aproximado mensual de su sueldo?

- a) menos de \$4,000.00
- b) entre \$4,000.00 y \$6,000.00
- c) entre \$6,000.00 y \$8,000.00
- d) más de \$8,000.00

7. ¿Para usted que características son las más importantes que debe tener una casa? (no dar ideas – top off mine)

8. De los siguientes aspectos al comprar una casa ¿cuál considera más importante?
Califique del 6 al 10 siendo el 10 el más importante. (se le entregan las opciones)

- a) Precio _____
- b) Durabilidad _____
- c) Diseño (fachadas) _____
- d) Ubicación _____
- e) Cercanía a parques _____
- f) Casa Club _____
- g) Otro _____

9. ¿Me puede describir su casa soñada? Le voy ayudar.

9.1 ¿Cuántos cuartos tendría? Incluir las habitaciones, la sala, el comedor y la cocina:

9.2 ¿Cuántas habitaciones tendría? _____

9.2 ¿Cuántos baños?: _____

9.3 ¿Tendría patio?: _____



9.4 ¿Tendría cochera?: _____

9.5 ¿Para cuántos autos? _____

10. ¿Conoces la planta bambú?

Sí

No

11. ¿Qué sabes o qué has escuchado de esta planta?

Sabía usted que en países como Colombia, Brasil y Costa Ricas se está utilizando el bambú como material para la construcción de vivienda, ya que el bambú tiene características en cuanto a resistencia y comportamiento muy similares al acero.

Existen estudios donde está comprobado que una casa con bambú resiste más contra un sismo que una construida con materiales tradicionales. Además, una casa construida con bambú puede disminuir en costos de construcción hasta un 40%. Y que en el sur de México están comenzando a utilizar el bambú para la construcción de vivienda.

12. De las estas imágenes que le muestro, ¿cuál considera que está hecha de bambú?

a)



b)



c)



Se explica: “déjeme decirle que las tres viviendas están hechas de bambú, por lo que puede ver existe una variedad en la aplicación de este material.... Se conecta a la siguiente pregunta.

13. Si se le ofreciera una opción de vivienda con este material que cumpliera mejor sus necesidades y tuviera un menor costo a una casa tradicional ¿Estaría dispuesto a comprar o construir una casa con bambú?

Si ¿Por qué?: _____

No ¿Por qué?: _____



Para el diseño de experimentos, por elección del trabajo se optó por el bambú guadua angustifolia, el cual de las variedades que existen en México es el que cuenta con las mejores características estructurales. Este tipo de bambú no se consiguió y opto por el bambú oldhamii, una variedad de bambú también estructural. Al final lo que se quiere corroborar con la prueba es el comportamiento de la unión con el refuerzo del PET.

4. Diseño de Experimentos. Se realizaron dos pruebas mecánicas en el laboratorio para conocer las características estructurales del bambú oldhamii (capacidad de carga, resistencia a la compresión, flexión y cortante), también probar y conocer estos mismos valores en formas elaboradas como armaduras, uniones y algunos refuerzos con otros materiales.

Diseño de instrumento Prueba 1

Pruebas mecánicas a tensión para diseño de conexiones con bambú *oldhamii*. Unión de bambú con perno y mortero VS Unión de bambú con perno VS Propuesta alternativa de unión en el bambú

Objetivo

Con la técnica de diseño de experimentos se realizaron pruebas mecánicas en el laboratorio de estructuras del ITESO a varios tipos de uniones con bambú *oldhamii* para conocer los esfuerzos a tensión de cada una de estas conexiones y saber cuál de ellas es mejor. Además, se quiso demostrar si alguna de las conexiones que se proponen son mejores que las uniones que se usan comúnmente.

Listado de variables e informaciones a manipular

Las variables que se pusieron a prueba son los tipos de uniones que mayormente se presentan en la construcción con bambú y seis uniones alternativas que no son usadas.



- La primera conexión fue el bambú con perno y mortero
- Una de las conexiones alternativas fue con tubo de CPVC, perno y plástico PET para recubrir la conexión.
- La segunda conexión alternativa fue similar a la anterior solo que se cambió el CPVC por tubo galvanizado.
- La tercera conexión alternativa se cambió a tubo PLUS.

La información que se manipuló fueron los esfuerzos que estos puedan generar a la tensión.

Definición de las actividades de laboratorio.

Las pruebas mecánicas se realizaron en el laboratorio de estructuras del ITESO

Los materiales que se utilizaron para las conexiones son:

- Bambú oldhamii con tratamiento de preservado.
- Varilla roscada acero inoxidable $\frac{1}{2}$ ".
- Tuercas de presión de $\frac{1}{2}$ " de acero inoxidable
- Mortero con una relación máxima 1:4
- Tubo CPVC de $\frac{1}{2}$ "
- Tubo PLUS de $\frac{1}{2}$ "
- Tubo galvanizado $\frac{1}{2}$ "
- Botellas de plástico PET

El equipo necesario para realizar la prueba:

- Prensa universal
- Cortadora de madera
- Segueta
- Taladro



- Brocas de ½"
- Llaves de ½"
- Embudo
- Martillo
- Desarmador
- Barra

Procedimiento:

- La primera parte del diseño de experimentos fue crear los tipos de uniones mortero-perno y solo perno en el mismo tramo de bambú para probar y comparar cuál de estas dos uniones es mejor.
- Teniendo lista la primera muestra, fue sometida a tensión en la prensa universal hasta que alguna de las dos falló.
- Obteniendo los resultados, se seleccionó la conexión con mayores esfuerzos para probar de la misma forma las conexiones alternativas.
- Siguiendo como ejemplo la primera prueba se fueron probando cada una de las conexiones para comparar los esfuerzos a tensión en cada uno.
- Las muestras fueron seis, en un extremo tendrán la conexión que se seleccionó en primera prueba y en otro extremo una de las conexiones propuestas.
- Las dimensiones de las muestras no tienen que ser mayor a 60cm de largo que es lo máximo que puede abrir la prensa
- Para sostener la muestra en la prensa se utilizó varilla corrugada la cual jaló y ayudó para generar la tensión en el elemento cuando la prensa este trabajando.
- Las unidades de medida para la fuerza fueron en kilos y el desplazamiento en milímetros, el esfuerzo en tensión fue en kg/cm².
- Las cargas aplicadas fueron aplicadas monótonas.



Los responsables de las pruebas y la elaboración de las conexiones fueron el maestrando Agustín Segura con la supervisión del tutor Nayar Cuitláhuac Gutiérrez y el responsable del laboratorio del ITESO.

Diseño de conexiones.

Como se mencionó anteriormente la longitud de la muestra no debe pasar los 60cm esto para trabajar con la máxima apertura de la prensa. Los criterios para la elección pueden variar según la ilustración 1 – Tamaño de muestra.

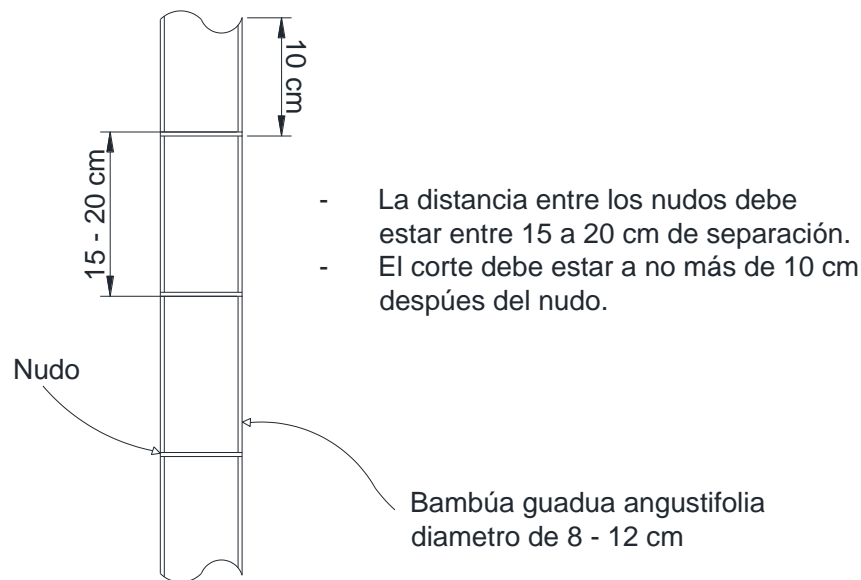


Ilustración 13 - Tamaño de muestra. Fuente Propia

Muestra con conexión mortero-perno y solo perno

Para la conexión con mortero-perno primero se debe perforar con el taladro y la broca de $\frac{1}{2}$ " lo más cercano posible al nudo que no pase de los 10cm, se coloca la varilla corrugada y se aprieta con las tuercas de presión (no es necesario apretar demasiado para no fracturar la muestra). Antes de colar el mortero vamos a poner una varilla corrugada de $\frac{3}{4}$ " en forma



de gancho que pueda jalar al perno para dar tensión a la muestra, para esto vamos a quitar el diafragma con martillo y desarmador o una pequeña barra (el diafragma es una membrana que forma parte del nudo). Después se hará una perforación no mayor a 4 cm también los más próximo al nudo, por aquí se colará el mortero con la ayuda de un embudo. La calidad del mortero deberá de ser de una proporción máxima de 1:4. Véase ilustraciones 14 y 15

Para la conexión solo con perno se seguirán los mismos pasos solo que no se perforará para el colado del concreto. Véase ilustración 2.

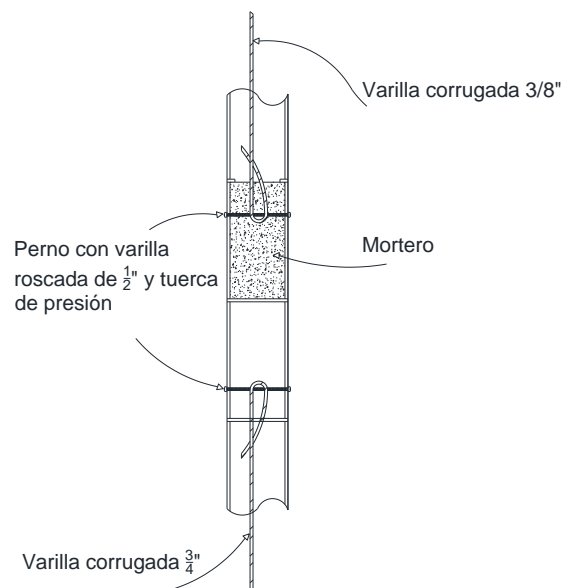


Ilustración 14 - Conexión mortero-perno y solo perno. Fuente Propia



Ilustración 15 - Vaciado de mortero. Fuente www3.vivienda.gob.pe

Muestra de conexiones alternativas

Para elaborar estas 6 conexiones, se realizaron muy similares a la de solo con perno. Primero vamos a perforar con el taladro de ½” de igual forma cerca del nudo. El cambio es que antes de meter la varilla roscada vamos a insertar el tubo de CPVC o el de PEAD o el galvanizado, estos tubos van a quedar al límite de las paredes del bambú, es decir no sobresaldrá. Posteriormente vamos a colocar la varilla y apretar con las tuercas.

Se realizaron dos conexiones con PET, de las tres. El PET se va adherir calentándolo para que quede completamente fijo. Esto para tratar de obtener un dato estadístico.

Diseño de instrumento Prueba 2

Pruebas mecánicas a tensión para diseño de conexiones con bambú *oldhamii*. Unión de bambú con perno tubo plus reforzado con PET vs Unión de bambú con perno y tubo galvanizado reforzado con PET.



Posterior al primer diseño de experimentos se realiza una segunda prueba con los mismos criterios, con el mismo procedimiento a excepción de que las muestras solo tendrán dos tipos de uniones, la primera será de perno con tubo plus reforzada con PET y la segunda de perno con tubo galvanizado reforzado con PET. Para tener una comparativa 2 de las muestras que se van a probar no tienen el refuerzo del PET.

Sumado a estas variables se toman en cuenta y se miden otras más:

- Espesor de la pared
- Distancia entre nudos
- Distancia entre pernos

3.6 Cuadro de operacionalización

Situación Problema	Hipótesis	PREGUNTAS	OBJETIVOS	CATEGORÍAS O CONCEPTOS ORDENADORES	OBSERVABLES	TÉCNICA
		Pregunta principal	Objetivo principal			
La situación-problema que plantea, es desarrollar un sistema constructivo sustentable que sea eficiente para ayudar con la problemática que se vive en la vivienda de interés social. Que cumpla y satisfaga las necesidades de las familias de Jalisco	Si se puede ofrecer un sistema constructivo de vivienda sustentable con materiales alternativos que sea eficiente con igual resistencia estructural y durabilidad a los modelos de edificación convencionales, pero con menor costo económico y un tiempo de terminación más corto, se tendría una opción viable de vivienda de interés social que impacte en el sector popular y la producción social.	Un sistema constructivo con materiales alternativos para que sea una opción viable de vivienda sustentable de interés social e impacte en el sector popular y la producción social ¿Qué indicadores de sustentabilidad constructiva (resistencia estructural, costos económicos, tiempo de edificación, expectativas sociales) debe de cumplir?	1. Definir los indicadores de sustentabilidad constructiva en un sistema de construcción con bambú eficiente para la vivienda social. 2. Proponer una vivienda sustentable de interés social para la región de Jalisco.			
		Preguntas secundarias	Objetivos particulares			
		¿Cuáles sistemas constructivos se pueden aplicar para la creación de una vivienda sustentable de interés social con la guadua angustifolia? ¿Cuáles sistemas constructivos se pueden aplicar para la creación de una vivienda sustentable de interés social con la guadua angustifolia? ¿Qué tipo de uniones estructurales son las indicadas para construcción de una vivienda? ¿Con qué otros materiales se puede reforzar el bambú para usarlo en el sistema constructivo? ¿Qué tratamientos se le da al bambú para usar en la construcción?	1.1 Realización de pruebas de laboratorio a sistemas y uniones, donde a través de los resultados retroalimentar, recomendar y documentar de qué forma y bajo qué características se puedan resolver los problemas de calidad y resistencia del bambú en la vivienda.	Características estructurales	Sistemas Constructivos Capacidad de carga de los tipos de bambú Formas de unión Funcionamiento con el refuerzo de otros materiales	Diseño de experimentos
		¿Cuál es el tiempo de crecimiento del bambú para darle uso estructural? ¿Cuántas plantas se necesitan para una vivienda de interés social?		Propiedades del material	Tratamientos al bambú Cuidados al bambú Tiempo de crecimiento Volumetria de materiales para una casa Dimensiones del terreno	Entrevista Entrevista
		¿Cuáles son las necesidades de vivienda de interés social en Jalisco? ¿Qué factores de la edificación social son los más importantes para una familia? ¿Cuál es el costo de construcción de una casa de bambú en comparación con una vivienda tradicional de interés social?	1.2 Bajo las condiciones (físicas, de crecimiento de la planta y de propagación) que existen y donde ya se cultiva el bambú, se va a recomendar que lugares en Jalisco pueden ser factibles para la silvicultura. A través de la factibilidad técnica.	Factores sociales	Necesidades de la vivienda Necesidades de una familia	Cuestionario
		¿Es factible económicamente que una familia cultive el bambú para la elaboración de una vivienda? ¿Este sistema constructivo puede ser compatible con otras eco-tecnias? ¿Este proceso de edificación necesita de mano de obra especializada o se puede dar la auto-construcción?		Factores económicos	Costos de vivienda Inversión economica para silvicultura	Entrevista
		¿Cuál es la percepción de la gente de una casa de bambú? ¿Qué factores de la edificación social son los más importantes para una familia? ¿Cuáles son los beneficios en costo económico de una edificación con bambú? ¿Cuáles son las ventajas en tiempo de construcción de una casa con este material? ¿Cuál es el tiempo de vida de una vivienda de bambú?	1.3 Definir los beneficios del uso del bambú como material de construcción para intentar cambiar la percepción cultural sobre este material con respecto a los materiales tradicionales.	Características de la vivienda	Multifuncionalidad en el sistema constructivo Procesos de mano de obra	Entrevista
				Factores sociales	Ideas sobre el bambú en la construcción Necesidades de una familia	Cuestionario
				Factores económicos	Beneficios económicos	Entrevista
				Características de la vivienda	Ventajas en tiempo de construcción Durabilidad de una vivienda de bambú	Entrevista

4. Análisis, desarrollo de la propuesta y resultados



4.1 Síntesis interpretativa de los datos analizados

A continuación, se presenta una síntesis del trabajo de campo de cada una de las técnicas de investigación que se desarrollaron.

Observación directa.

Esta técnica fue aplicada en el taller de construcción con bambú/casas ecológicas, impartido por el Ing. Fernando Partida, uno de las personas con más conocimiento en el tema del bambú, donde se tenía como objetivo crear un módulo de vivienda sostenible para personas de bajos recursos. La observación directa tiene por objetivo recabar toda la información posible respecto al manejo que se le da al bambú como material para la construcción, conocer las variedades estructurales para la edificación, la selección de los tallos para la creación de vigas, columnas y muros. Conocer los tipos de uniones que existen, con que materiales se puede reforzar y cuál es la herramienta indicada para realizar tales trabajos. Así como los cuidados y tratamientos de preservación, de aplicación y de mantenimiento.

La observación tuvo lugar en el centro agroecológico de Zapopan, en la ciudad de Guadalajara, Jalisco. Fueron los días 10, 17, 24 y 31 del mes de octubre del 2015. El taller tenía una duración de las 9:00am a las 5:00 pm, donde se abordaban temas tanto teóricos como prácticos. En la parte teórica se hacían presentaciones por parte del Ing. Fernando, donde se tomaban notas de los datos que se estaban buscando, en la parte práctica se dividían grupos de 3 a 4 personas donde eran asignadas tareas de selección del material, cortes, armados, uniones y colocación para la construcción del módulo. En esta parte se tomaron fotografías de los pasos que se realizaban, así como de los aspectos estructurales más importantes. Además, que se estaba teniendo contacto directamente con la planta y se podía conocer que tanta especialización se necesita para la construcción con este material. Por otro lado, se le podían hacer preguntas al ingeniero del proceso constructivo, así como de experiencias con otro tipo de construcciones y temas muy variables sobre el bambú.



La finalidad y los resultados de esta técnica fue que se pudo tener un encuentro muy cercano con la planta y conocer que tan especializada debe ser la mano de obra para la construcción con este material, conocer aspectos físicos de la planta, la manejabilidad que se puede tener y que tan importante es la correcta unión y ejecución de la obra. Esto registrado en apuntes y memorias fotográficas.

En el trabajo de campo fue necesario lápiz, papel, cinta métrica y cámara fotográfica para la obtención y captura de información. Para el vaciado de la información y la elaboración del reporte fue necesario una laptop, donde se utilizó el programa de Word.

Entrevista semiestructurada

La aplicación de esta técnica fue aplicada a un profesional sobre el tema del bambú, que nos pudiera dar información tanto de la silvicultura como de la construcción con esta planta. La persona a quien se le aplicó fue al ingeniero agrónomo Fernando Partida. Esta entrevista se llevó a cabo el día 27 de octubre del 2015 por la tarde en el domicilio del entrevistado.

Con la aplicación de esta técnica se pudo recabar información de las propiedades del material, factores económicos y características de la vivienda. Fue muy importante y muy útil ya que además de ser un experto en el tema, se pudo recabar información de la región de Jalisco y esta es muy difícil de poder conseguir o hay muy pocos datos ya que hay muy pocas personas que conocen del tema.

La elaboración de la entrevista se hizo a partir de un guion elaborado previamente con los temas que se iban a tocar y con frases que iniciaban la conversación, conforme se iba dando la plática se iban agregando preguntas que daban respuesta a los tópicos que se necesitaba responder. Para grabar la conversación se utilizó la grabadora de un teléfono celular. El registro de los datos se hizo transcribiendo la conversación en el programa Word, donde posteriormente se hizo un reporte con los datos más importantes y los resultados obtenidos.



Encuesta

Para la obtención de resultados de esta técnica, se realizaron encuestas a 100 personas en distintos lugares como paradas de autobús, afuera de centros comerciales, fraccionamientos y pueblos de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Las aplicaciones de estas encuestas fueron de los días del 26 de octubre al 13 de noviembre. Para la aplicación de los cuestionarios se les pedía a las personas arbitrariamente que si nos podían regalar 5 minutos de su tiempo. Algunas personas aceptaban con facilidad, otras lo pensaban un poco y hubo muchas que se negaban.

La finalidad de las encuestas era conocer datos básicos de la vivienda actual que tenían, cuáles eran los aspectos más importantes y si pudieran elegir la casa soñada que características tendría, también se preguntaban si conocían sobre la planta el bambú, se les daba una breve explicación sobre esta misma y se les cuestionaba se aceptarían vivir en una casa construida con esta planta.

Diseño de experimentos.

Como esta técnica forma de uno de los aspectos más importantes de la investigación, ya que se requieren conocer aspectos estructurales de la planta. Se van a realizar dos diseños de experimentos a partir del diseño de vivienda que se va a proponer. Este diseño de vivienda tendrá características respecto a las necesidades de los usuarios, este dato se obtendrá del análisis de las encuestas.

Prueba 1

El primer diseño de experimentos que se realizó fue la creación de 4 tipos de uniones y comparar cuál de estas es la que presenta mayor capacidad de carga. Una de las uniones que fue la principal, es una de las más comunes que se usan en la construcción con bambú en países de Sudamérica (varilla roscada y mortero) que se tomó como comparación contra las otras tres propuestas.



Esta técnica fue aplicada en varios lugares, la creación de las muestras fue en un taller donde se contaba con la herramienta necesaria y la prueba fue realizada en el laboratorio de mecánica del ITESO. El diseño de experimentos tiene por objetivo recabar toda la información posible para conocer qué tipo de unión puede ser la más eficiente para el sistema de construcción que se está proponiendo, eficientando la parte económica, constructiva y estructural.

La realización de las muestras se hizo los días 12 y 13 de noviembre de 2016, aquí se tomaron fotos del proceso para la documentación. Este proceso fue muy importante, ya que se tuvo contacto directo con la planta, se trabajó sobre ella y se pudo validar que no es necesario una mano de obra especializada.

Prueba 2

A partir de los resultados obtenidos en la primera prueba se seleccionaron 2 conexiones que presentaron mejores resultados, la primera del perno con tubo plus reforzada con PET, la segunda de perno con tubo galvanizado reforzada con PET. Estas conexiones fueron hechas en la misma muestra; se realizaron 4 muestras para tener un dato estadístico.

Para tener una comparativa del verdadero efecto que estaba haciendo la propuesta en el diseño de la conexión, en este caso el refuerzo de PET, se elaboraron 2 muestras con la misma conexión, pero sin el refuerzo del PET.

Como complemento a los datos de las muestras se trataron de analizar otras variables que pudieran influenciar en el esfuerzo de la conexión. Estas variables fueron; el espesor de la pared del bambú, la distancia entre los nudos y la distancia que existía entre la conexión.

Las muestras fueron elaboradas en el taller, donde se contaba con la herramienta adecuada y las pruebas fueron realizadas en el laboratorio de mecánica del ITESO.

Los días en que se realizaron estas pruebas fueron los días 01 de diciembre del 2016.



4.2 Hallazgos aprovechables de las técnicas de investigación aplicadas

Reporte de hallazgos en la observación directa

La observación directa que se hizo en el taller de construcción fue de mucha ayuda en la investigación, ya que se tuvo contacto directo con el bambú y se pudieron encontrar los siguientes observables.

Características estructurales

Tipos de bambú estructurales – De la parte teórica que se mencionó en el taller, se pudo encontrar, que existen una gran variedad de bambúes estructurales y semi-estructurales que se pueden usar para la construcción. Un poco más de 1400 especies. Aunque este dato no es de mucha ayuda, en la parte práctica se trabajaron con dos bambúes uno estructural y otro semi-estructural, el bambú *guadua angustifolia* y la *bambusa oldhamii*.

Uniones – Sobre las uniones también se mencionaron algunas en la parte teórica, pero lo más importante es lo que se vio en la construcción del módulo, donde trabajamos con una de las más conocidas que es la boca de pescado, esta unión fue apoyada y reforzada con varillas de acero, rondana y tornillos para impedir la movilidad

Vigas y Columnas – Sobre las vigas y columnas, nos pudimos dar cuenta que el mismo bambú puede ser usado verticalmente para columna y horizontalmente para viga. Las restricciones que hay al colocarla como columna, es que se tiene que colocar en su sentido de crecimiento, quiere decir que la parte basal tiene que estar en la parte de abajo y la parte pical en la parte superior, las restricciones para colocarla como viga y como columna es que los cortes tienen que ser máximo 10-15 centímetros después del nodo, esto para evitar el aplastamiento.

Muros – Para los muros trabajamos con la esterilla, la esterilla no es más que el bambú abierto. Para la esterilla se utilizó el bambú *oldhamii*, ya que no es necesario que tenga resistencia estructural. También nos pudimos dar cuenta que para proteger y dar un mejor terminado, la esterilla puede ser enjarrada con mortero.



Propiedades del material

Tratamientos, cuidados y volumen para una vivienda - sobre estos tres temas la información fue recabada de la parte teórica, ya que el material con el que se trabajó, ya tenía los tratamientos y cuidados necesarios para usarlos en la construcción. Los tratamientos que se le dan al bambú, pueden ser con diferentes técnicas, pero los más comunes son el uso de ácido bórico y de bórax, para los cuidados se le pueden dar pasadas con aceite de linaza, que ayudara a una mejor preservación y mantenimiento. Sobre el volumen necesario para la construcción de una vivienda se habló que con media hectárea de plantación se puede llegar a construir una casa de hasta 200 m² y en específico para el módulo de vivienda que se utilizaron alrededor de 30 tramos de 6 metros más la esterilla para los muros y techo.

Características de la vivienda

Selección de tallos, diámetros y espesores – Sobre estas tres características se tenía que tener cuidado ya que para las uniones se buscaban que tanto la viga como la columna y los refuerzos tuvieran las mismas dimensiones. Esto puede llegar a ser un poco difícil ya que cada pieza de bambú es diferente, pero aquí también es donde se vuelve interesante como la imperfección de cada pieza puede lograr la perfección el ensamblaje de una vivienda.

Mano de obra y Herramientas – Sobre la mano de obra, así como para cualquier trabajo se tiene que tener una experimentación y tiene que ser especializada. Sin embargo, con la ayuda de un buen especialista cualquier persona puede trabajar con el bambú, para eso está el ejemplo de que 12 individuos con diferentes profesiones pudimos crear el modulo. Sobre la herramienta necesaria, esta puede ser muy similar a las utilizadas por un carpintero, taladros, desarmadores, llaves, grillos, etc.



Memoria fotográfica.



Ilustración 16 - Taller bambú 1. Fuente Propia



Ilustración 17 - Taller bambú 2. Fuente Propia



Ilustración 18 - Taller bambú 3. Fuente Propia

En la ilustración 16 se presenta un tipo de diseño de conexión de boca de pescado con perno, fueron del tipo de uniones que se utilizaron para la construcción del módulo.

Las ilustraciones 17 y 20, muestran la primera etapa de la construcción que fue el montaje de las columnas en las esquinas y donde estaría la puerta.

La ilustraciones 18 y 19, se puede observar las placas de acero que se colocaron, estas cumplen la función para hacer la conexión y anclado de columnas y mantener al bambú fuera de elementos que transmitan humedad.



Ilustración 19 - Taller bambú 4. Fuente Propia



Ilustración 20 - Taller bambú 5. Fuente Propia



Ilustración 21 - Taller bambú 6. Fuente Propia



Ilustración 22 - Taller bambú 7. Fuente Propia



Ilustración 23 - Taller bambú 8. Fuente Propia



Ilustración 24 - Taller bambú 9. Fuente Propia



Ilustración 25 - Taller bambú 10. Fuente Propia



Ilustración 26 - Taller bambú 11. Fuente Propia

En las ilustraciones 21 y 25 se muestran los materiales utilizados, se explica donde se debe hacer el corte tipo boca de pescado, como está compuesto el perno soldado a la rondana para hacer las conexiones.

Las ilustraciones 22 y 23 se puede observar cómo quedan las conexiones con los pernos y boca de pescado.

En la ilustración 26 se muestra la estructura ya terminada.



Reporte de hallazgos en la entrevista

Se realizó la entrevista al Ing. Fernando Partida, donde se obtuvo la siguiente información:

En México se tienen unas 38 especies nativas de bambú, también hay especies que se introdujeron de otros lugares, estas especies son estructurales y semi-estructurales. Entre las especies más importantes están la *guadua angustifolia* y la *bambusa oldhamii*. Estas dos especies se pueden plantar en Jalisco, teniendo las condiciones necesarias para su reproducción las cuales son: suelos no arcillosos, elevación de 900 a 1800 msnm y una humedad relativa que puede ser de un 60 a 80%. Como no son especies nativas, es necesario que tengan disponibilidad de agua para riego. Actualmente hay apoyos económicos por parte del gobierno para la siembra de estas dos especies en el estado de Jalisco. Por su método de propagación es necesario que estas se planten a una distancia entre 6 y 8 metros. Con esta plantación y en una edad madura se pueden estar cultivan de 1000 a 1500 tallos comerciales por año. Los costos de cuidado y mantenimiento son equiparables a los de cualquier cultivo.

Sobre la obtención de la planta para utilizarla en la construcción, esta tiene que esperar a que llegue a una edad madura para ser cortada, la edad mínima para esto es de 4 años, comparando con otras maderas, el tiempo realmente es demasiado corto. Los tallos ya maduros, se pueden encontrar en medidas de 2, 4, 6 y hasta 8 metros para la construcción. Las técnicas para la preservación y curado de esta planta son varias, pero la más usada es utilizando el boro.

Si se quisiera construir una vivienda de aproximadamente 55 a 70 m², se necesitarían de 150 a 200 tramos de 6m. de longitud y en cuestión de terreno se estaría hablando de alrededor de media hectárea, este volumen dependerá mucho del diseño. El bambú *guadua angustifolia*, será el mejor recomendado para la construcción ya que tiene características estructurales muy resistentes, aunque también se puede usar el bambú *oldhamii*, este para proyectos que no requieran de gran capacidad estructural. Algunos productos derivados el bambú y que también se pueden usar en la construcción son: la esterilla, esta puede utilizarse en relleno



de muros, pisos y losas. También está la tablilla, este material tiene un mejor terminado y puede usarse en muros y pisos. Existen otros productos como las vigas laminadas de bambú, estos productos todavía no son muy fáciles de conseguirse en México.

Los costos para una vivienda de interés social en Jalisco, sería muy similar a la construcción de una casa con el sistema tradicional, esto porque se tiene que traer el bambú desde Veracruz o Puebla y el costo de flete eleva mucho el precio, además como no hay muchos proyectos en la zona, conseguir la mano de obra especializada puede llegar a ser un poco caro.

Si se compara una casa de bambú contra una tradicional, esta competiría en precio, pero la casa de bambú tendría mayores beneficios de confort. Se espera que el bambú tenga cada vez mayor auge y existan empresas que comercialicen el material, para que un futuro no muy lejano, llegue a ser mucho más económico y sea sustentable.



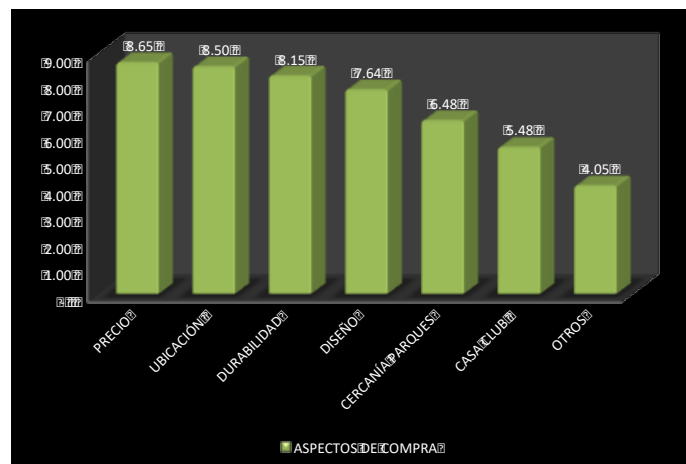
Reporte de hallazgos en la encuesta.

De la aplicación de la técnica de la encuesta se pudieron obtener gran cantidad de información, pero entre la más importante para el presente trabajo se presenta la siguiente:

Análisis de los resultados obtenidos de las preguntas en la encuesta.

Los aspectos más importantes para comprar una casa

ASPECTOS DE COMPRA	Total
PRECIO	8.65
UBICACIÓN	8.50
DURABILIDAD	8.15
DISEÑO	7.64
CERCANÍA A PARQUES	6.48
CASA CLUB	5.48
OTROS	4.05



Gráfica 1 - Resultados encuestas 1. Fuente Propia

Con esta tabla podemos analizar, que para las personas lo más importante a la hora de comprar una vivienda o si pensaran en adquirir una seria, el precio, después la ubicación y durabilidad. Teniendo menor importancia se encuentra e diseño, la cercanía a parques y que tuviera casa club.

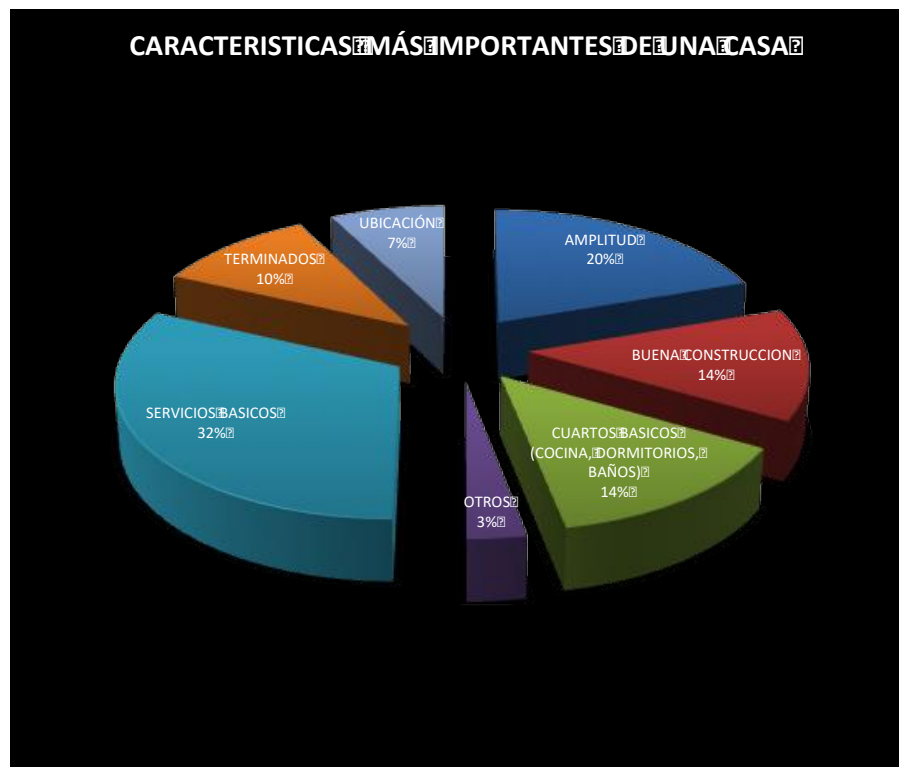
Esta información va ser importante, porque estamos afirmando que la vivienda es similar o más económica que una tradicional, entonces si se llegara a cumplir, la casa de bambú tendría oportunidad de competir en el mercado.



También esta información puede ser útil, por si se llegará a requerir plantear la ubicación de la construcción de un prototipo en Jalisco.

Características más importantes de una casa – *top off mine*

CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES DE UNA CASA – TOP OFF MINE						
AMPLITUD	BUENA CONSTRUCCION	CUARTOS BÁSICOS (COCINA, DORMITORIOS, BAÑOS)	OTROS	SERVICIOS BÁSICOS	TERMINADOS	UBICACIÓN
13.00	9.00	9.00	2.00	21.00	7.00	5.00



Gráfica 2. Resultados encuestas 2. Fuente propia

En esta tabla se puede analizar, lo que para las personas es más importante que tenga una casa. Esto con una mayoría del 32% está que cuente con los servicios básicos, posteriormente con un 20% es que tenga amplitud.



Esta información también va ser útil, cuando se haga la propuesta de ubicación y del proyecto arquitectónico de la casa.

Cuál sería la casa soñada

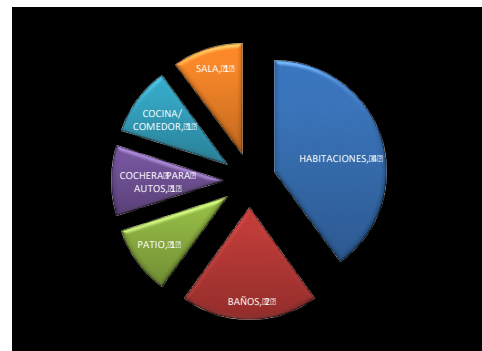
CASA SOÑADA	NUMERO DE HABITACIONES											
TOTAL	2	3	4	5	6	8	12					
	8.00	20.00	22.00	11.00	2.00	2.00	2.00					

CASA SOÑADA	NUMERO DE BAÑOS					
TOTAL	1	2	3	4	5	6
	3.00	35.00	9.00	4.00	4.00	1.00

CASA SOÑADA	PATIO
TOTAL	SI
	66.00

CASA SOÑADA	COCHERA PARA AUTOS			
TOTAL	0	1	2	4
	8.00	8.00	4.00	10.00

CASA SOÑADA	HABITACIONES	BAÑOS	PATIO	COCHERA PARA AUTOS	COCINA/COMEDOR	SALA
TOTAL	4	2	1	1	1	1



Gráfica 3. Resultados encuestas 3. Fuente propia

En esta gráfica, se puede analizar el tamaño y la cantidad de habitaciones que necesita una familia para su máximo confort.

Esta información nos ayudará específicamente, para realizar la propuesta del diseño arquitectónico de la vivienda.

Conoce el bambú

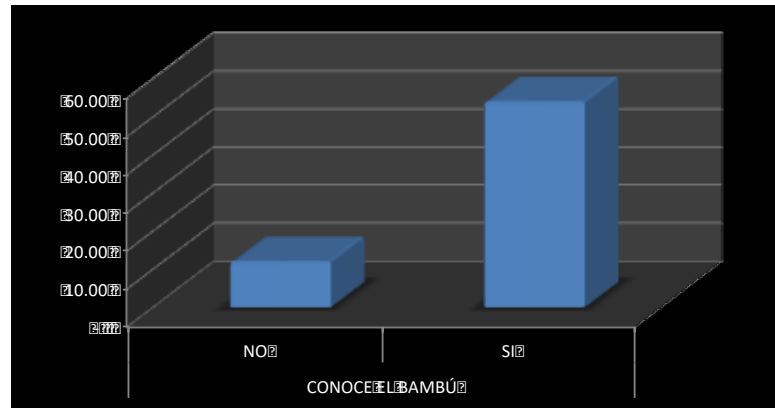
Las dos graficas que se presentan abajo, nos muestran si la gente conoce sobre la planta bambú y que conocen sobre ella.

Esta información es muy útil, ya que nos abre un panorama de que es lo que la gente piensa, sabe o conoce sobre el bambú. Aquí podemos ver, que realmente conocen muy poco o nada

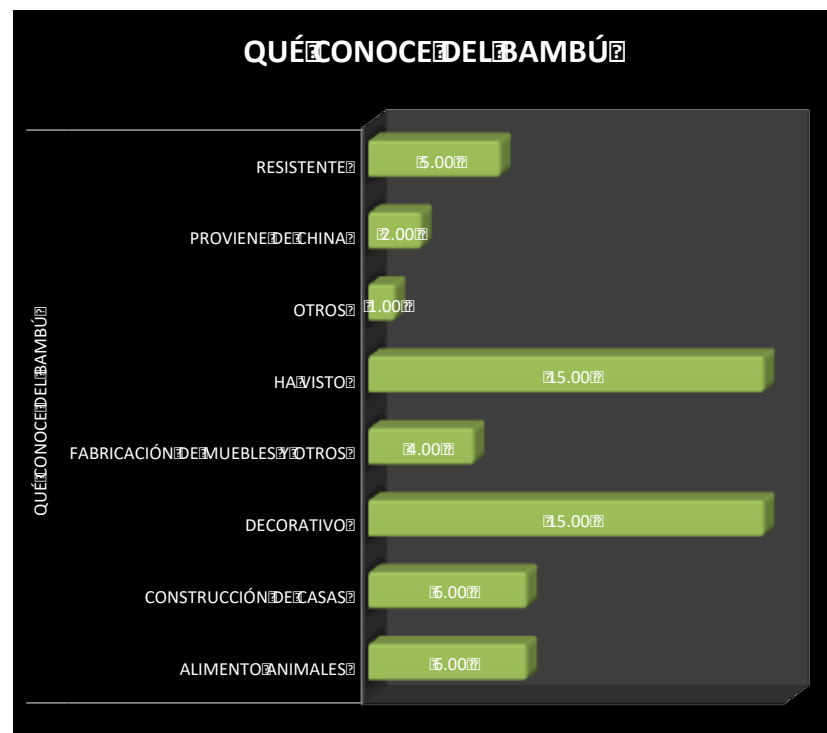


sobre lo que se puede hacer con la planta en la construcción. Estos resultados además nos podrían ayudar para realizar alguna campaña para mostrar los beneficios y usos del bambú.

CONOCE EL BAMBÚ	
NO	SI
12.00	54.00



QUÉ CONOCE DEL BAMBÚ						
ALIMENTO DE ANIMALES	CONSTRUCCIÓN DE CASAS	DECORATIVO	FABRICACIÓN DE MUEBLES Y OTROS	HA VISTO	OTROS	PROVIENE DE CHINA
6.00	6.00	15.00	4.00	15.00	1.00	2.00



Gráfica 4. Resultados encuestas 4 y 5. Fuente propia



Cuál casa es de bambú.

Además de la percepción que la gente tiene sobre el bambú y que ya se vio en las tablas anteriores. En la encuesta se les dio una breve descripción de los usos y beneficios del bambú para la construcción de una vivienda, después se les mostraron 3 casas donde se les pedía que dijeran cuál de las 3 era de bambú.

a)



b)

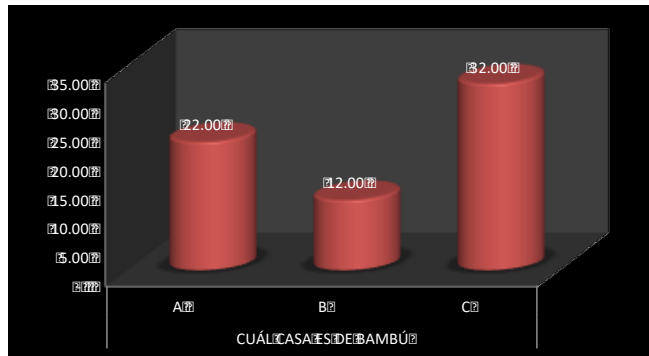


c)





CUÁL CASA ES DE BAMBÚ		
A	B	C
22.00	12.00	32.00



Gráfica 5. Resultados encuestas 6. Fuente propia

La encuesta arrojó un dato que sorprendió, pues no se esperaba la respuesta de la gente fuera la opción C, sin embargo, en segundo lugar, apareció la respuesta esperada, donde la gente tiene la imagen en su cabeza de que una casa de bambú es una cabaña o una casa de campo en la que no podría vivir en la ciudad.

Esta información va ser muy útil cuando se presente el prototipo de vivienda y pueda ser mejor aceptada por las personas y ayude a competir en el mercado inmobiliario.

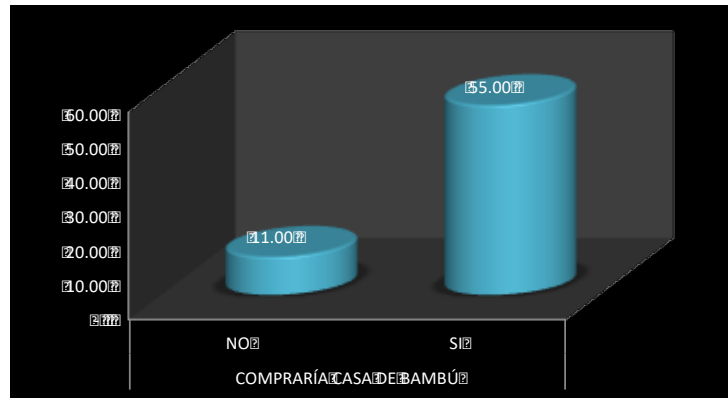
Por qué compraría una casa de bambú

Estas últimas graficas que se presentan nos arrojan un dato, muy interesante ya una gran mayoría de las personas encuestadas, si estarían dispuestas a comprar y vivir en una casa de bambú.

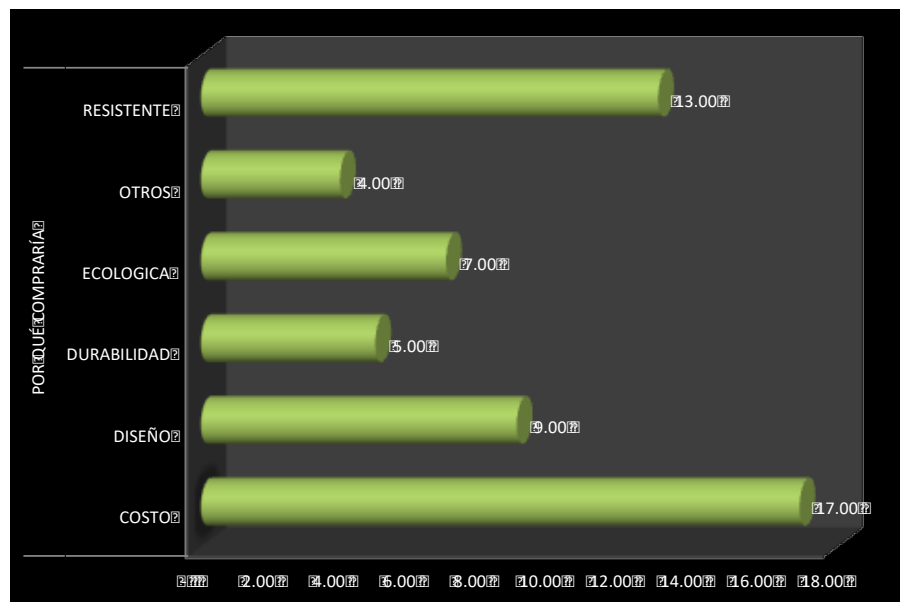
Los motivos por los que lo harían concuerdan con la pregunta que se hizo de que es lo más importante al comprar una casa y este es el costo. Hay una respuesta que ese encuentra a medias en cuestión de repetición y este es un dato muy importante, ya que algunas personas vivirían en una casa de bambú por la cuestión ecológica.



COMPRARÍA CASA DE BAMBÚ	
NO	SI
1.00	5.00



POR QUÉ COMPRARÍA					
COSTO	DISEÑO	DURABILIDAD	ECOLOGICA	OTROS	RESISTENTE
7.00	1.00	5.00	7.00	1.00	13.00



Gráfica 6. Resultados encuestas 7 y 8. Fuente propia



Reporte de los hallazgos de las pruebas a las conexiones de bambú

Prueba 1

Parte de los hallazgos de realizar este experimento se vivió en la elaboración de las muestras, primero se tuvo que realizar la conexión de perno y mortero, pues el mortero tenía que secar para seguir maniobrando con la muestra, de lo contrario se podía echar a perder, al día siguiente cuando el material ya había fraguado se procedió con la elaboración de la unión alterna, en este paso se tuvieron que realizar diferentes diámetros de perforación, pues el CPVC, el tubo galvanizado y el tubo PLUS tienen diferentes diámetros externo, sin embargo no ocasionó algún problema. Por último cuando se colocó el PET, para lograr la adhesión se usó un soplete de gas, calentar el plástico para que se pegara al bambú e hiciera la función de una abrazadera. Esta parte de elaboración de las muestras es importante pues se verificó que no es necesario una mano especializada, aunque se han asistido a talleres de construcción con bambú no se cuenta con la mano fina de un experto. Además, se comprobó que el tiempo es demasiado rápido ya que en cuestión de dos tardes quedaron listas. Si se tuviera práctica se podría reducir el tiempo hasta más de la mitad de lo invertido.

Las pruebas del diseño de experimentos se realizaron en el laboratorio de mecánica del ITESO, donde se tiene la ayuda de la prensa universal para llevar a la falla las muestras y conocer los resultados que fueron los siguientes.

Los resultados obtenidos en la prensa fueron interesantes y aportan valiosa información donde se puede crear una nueva línea de investigación.

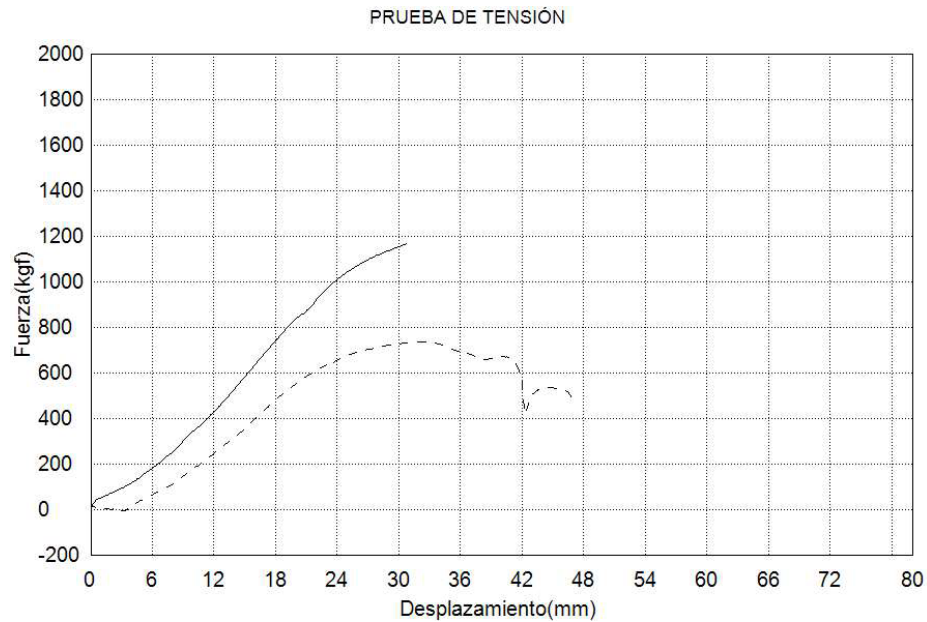
Las dos primeras muestras que se probaron fueron la de la conexión con perno y tubo PLUS por un lado y por el otro la conexión normal con perno y mortero. Aquí se obtuvo un esfuerzo máximo a la tensión de 1642.08 kg/cm² en una de las pruebas y en otro por una falla de la varilla que tensionaba al elemento no se obtuvieron resultados representativos en cuanto a la tensión. Sin embargo, el comportamiento y el tipo de falla son lo que lo vuelven interesante.



En los dos casos la conexión que sufrió el mayor daño fue en la conexión con mortero y perno, ya que hubo desgarre, por el otro lado, en la conexión con perno, tubo PLUS y PET, fallo el perno, hubo un ligero desplazamiento, pero el bambú no se rajo

	Prueba 1	Prueba 2
Esfuerzo a tensión (kg/cm2)	1642.08	1038.58
Desplazamiento (mm)	30.69	32.78
Foto		

Tabla 2. Pruebas laboratorio 1. Fuente Propia



Gráfica 7. Esfuerzo deformación 1. Fuente propia



Las dos segundas muestras fueron las de la unión con perno, fierro galvanizado y PET y por otro lado la conexión con perno y mortero. El esfuerzo máximo que se obtuvo fue de 1788.91 kg/cm² en la primera muestra y 1759.42 kg/cm² en la segunda. Los dos valores aquí obtenidos fueron muy similares y si no es porque hay una falla en la varilla que jala a las uniones se pudieran obtener mayores esfuerzos.

Las fallas que se presentan aquí son que falla primero la varilla que jala y al igual que las primeras pruebas hay deformación en la conexión con mortero y perno y en la conexión alternativa si hay una deformación en el perno y galvanizado, pero al igual que en la primera prueba no hay desgarre ni fractura longitudinal, cuando se pudiera espera que hubiera un desgarre.



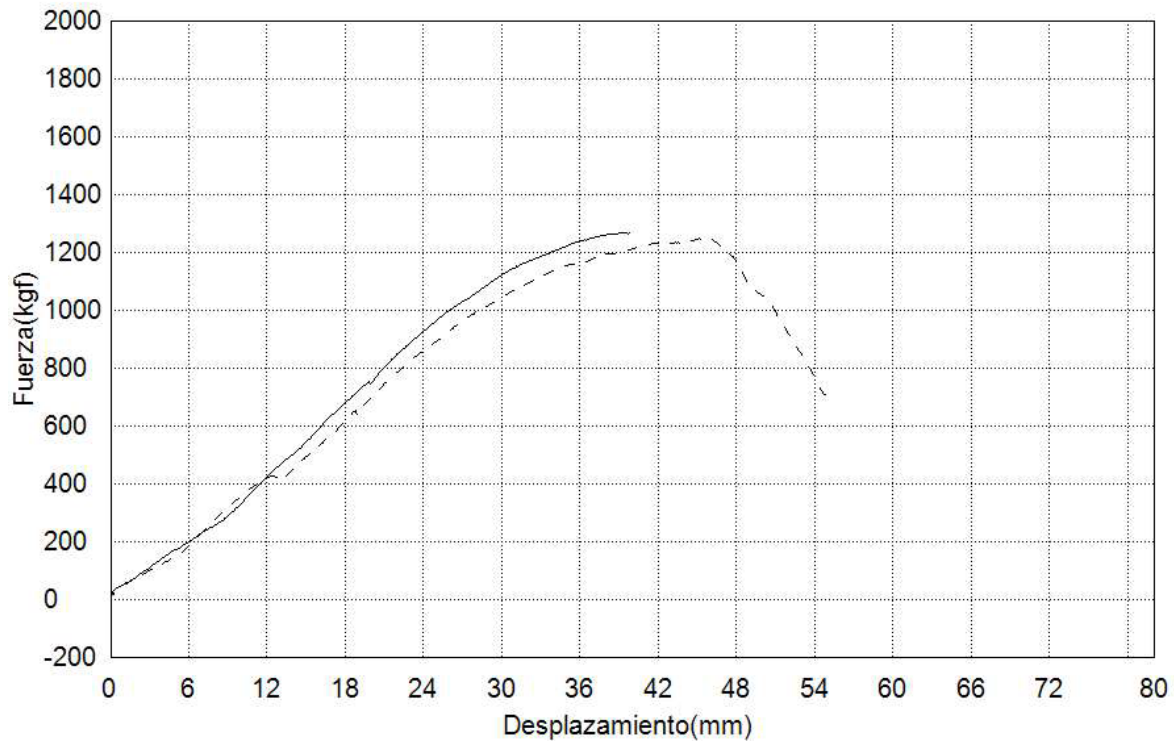
	Prueba 3		Prueba 4	
Esfuerzo a tensión (kg/cm ²)	1788.91		1759.42	
Desplazamiento (mm)	39.41		45.42	
Foto				

Tabla 3. Pruebas laboratorio 2. Fuente Propia



PRUEBA DE TENSIÓN



Gráfica 8. Esfuerzo deformación 2. Fuente propia

Las dos últimas pruebas fueron con la conexión de perno, CPVC y PET por un lado y por el otro perno y mortero. El esfuerzo máximo que se tuvo en la muestra 5 fue de 1708.08 kg/cm² y en la muestra 6 fue de 1596.49 kg/cm². En estas dos muestras se presenta una mayor falla en la conexión alterna de perno, CPVC y PET al contrario de las demás.

Las fallas son más claras en la conexión alternativa y aunque se presenta un desgarre, este no es tan grave en el PET. También en estas pruebas se puede ver claramente que falla el perno.




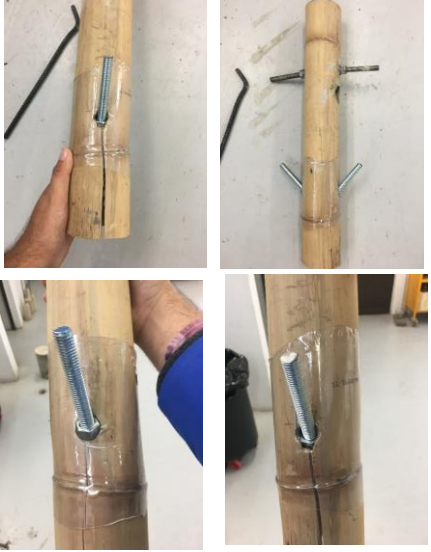
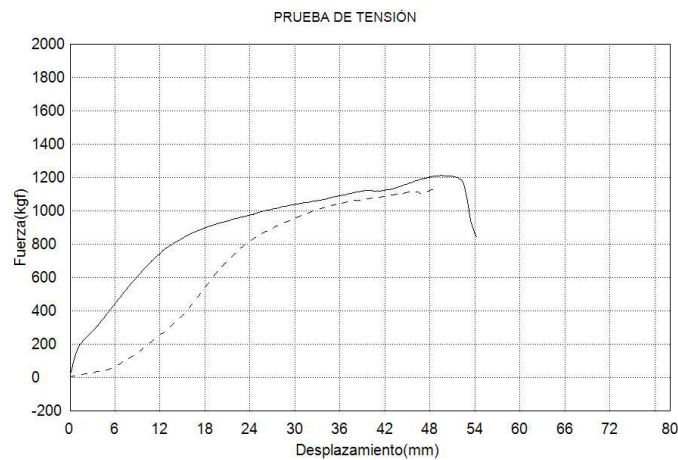
	Prueba 5		Prueba 6	
Esfuerzo a tensión (kg/cm ²)	1708.08		1596.49	
Desplazamiento (mm)	49.92		49.11	
Foto				

Tabla 4. Pruebas laboratorio 3. Fuente Propia



Gráfica 9. Esfuerzo deformación 3. Fuente propia

Los resultados obtenidos fueron importantes e interesantes a pesar de que se tuvieron problemas con la varilla que jalaban y hacían tensión al elemento. Cabe recalcar que las pruebas se hicieron con un bambú considerado semi-estructural, ya que no se consiguió la guadua. Por lo que los resultados serían claramente mayores con el otro tipo de bambú. También factores que pudieron intervenir fueron los diámetros del bambú y que cada



elemento que se ensayó tenía una distancia diferente entre cada nudo. Al final el comportamiento fue muy similar por lo que los resultados fueron de gran ayuda.

Memoria fotográfica.



Ilustración 27 - Experimentos 1. Fuente Propia



Ilustración 28 - Experimentos 2. Fuente Propia



Ilustración 29 - Experimentos 3. Fuente Propia



Ilustración 30 - Experimentos 4. Fuente Propia



Ilustración 31 - Experimentos 5. Fuente Propia



Ilustración 32 - Experimentos 6. Fuente Propia



Ilustración 33 - Experimentos 7. Fuente Propia



Ilustración 34- Experimentos 8. Fuente Propia



Ilustración 35 - Experimentos 9. Fuente Propia



Ilustración 36- Experimentos 10. Fuente Propia



Prueba 2

Para la segunda prueba como ya se mencionó, se seleccionaron dos de las conexiones que dieron mejores resultados el perno con tubo plus y tubo galvanizado, ambas reforzadas con el PET. Para tener una base y punto de comparación se elaboraron dos muestras sin el refuerzo del PET, ya que queremos comprobar que efecto puede causar este refuerzo en las conexiones, si tiene un impacto, si mejora la conexión, si puede ser una opción viable y aplicable a los sistemas constructivos con bambú.

Ya con la práctica de haber de haber realizado 6 muestras, pudimos corroborar que es fácil, rápido y no es necesaria la mano especializada. Además, se pudo mejorar considerablemente la calidad de la conexión esto comprobado cuando se realizaron las pruebas.

Los resultados obtenidos en la prensa, nos ayudaron a comprobar lo que suponíamos y se interpretaba por los resultados de las primeras pruebas

Las primeras dos muestras que se realizaron fueron las que no tenían el refuerzo de PET y los resultados fueron los siguientes:



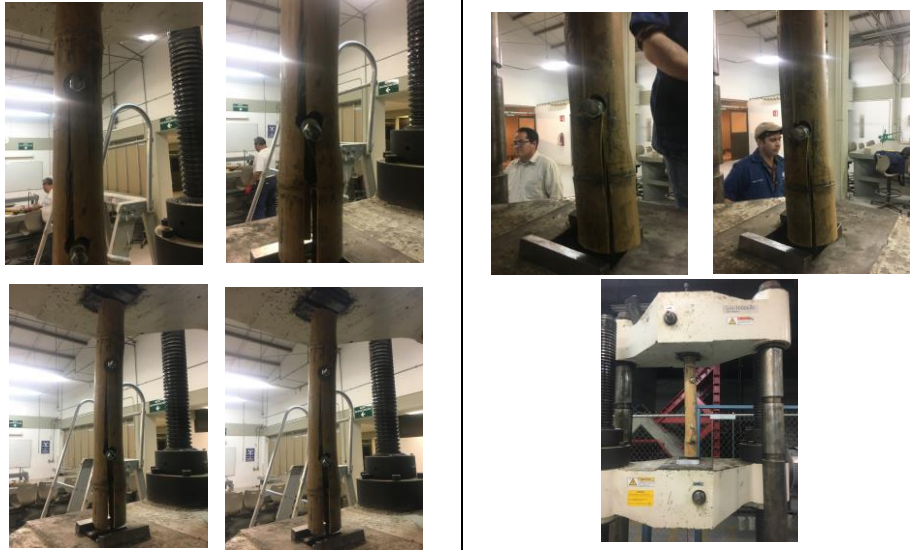
	Prueba 1	Prueba 2
Esfuerzo a tensión (kg/cm ²)	1062.93	747.197
Desplazamiento (mm)	0	0
Espesor Tubo Plus (mm)	10	5.27
Espesor Tubo Galvanizado (mm)	8	6
Distancia entre nudos (cm)	36	41
Distancia entre conexión (cm)	20	26
Foto		

Tabla 5. Pruebas laboratorio 4. Fuente Propia

Con estas primeras pruebas pudimos comprobar el comportamiento del bambú a cortante donde es una de sus mayores problemas, pues cuando llega a su máximo esfuerzo y falla, el daño es irreparable, es súbito pudiendo ocasionar severos daños en la estructura. La falla por desgarre afecta toda la longitud del culmo y la conexión llega a zafarse del material. No tiene comportamiento plástico el daño es irreparable.

La conexión que falló fue la del tubo plus, suponiendo que es la que tiene una menor área de contacto ocasionó que se presentará más pronto, en ambos casos falló el bambú antes de la conexión.

Respecto a los esfuerzos soportados, cabe recalcar que el bambú no se encontraba en las condiciones óptimas, no estaba tratado, ya estaba pasado para su uso en la construcción y es una variedad que no es considerada como bambú estructural (aplica para todas las muestras). Pero lo importante era conocer su comportamiento con el refuerzo de PET y los diferentes materiales utilizados. Además, con los resultados se puede demostrar que el bambú si tiene características para su uso en la construcción.



El esfuerzo en la primera muestra fue de 1062.93 kg/cm² y en la segunda fue de 747.197 kg/cm². Esta diferencia se puede deducir y podemos decir que influye el espesor del bambú y la distancia entre los nudos, pues en el que resistió más tiene mayor espesor y la distancia entre los nudos es menor.

En las siguientes 4 muestras se utilizó el PET como refuerzo y los resultados fueron los siguientes.

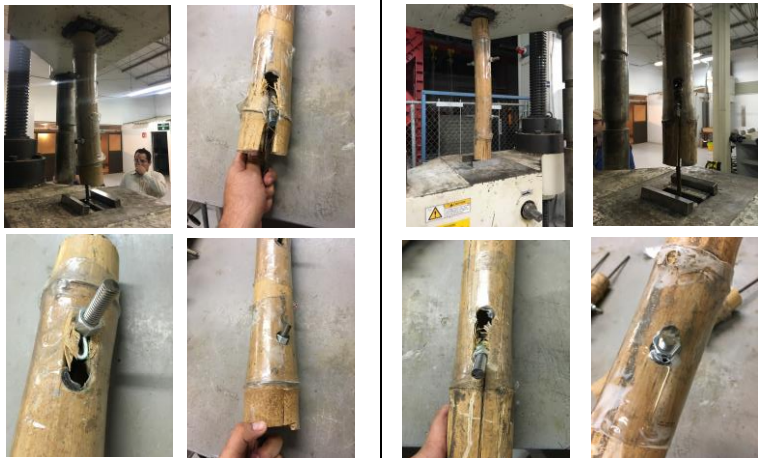
	Prueba 3	Prueba 4
Esfuerzo a tensión (kg/cm ²)	1516.13	1106.9
Desplazamiento (mm)	0	5.89
Espesor Tubo Plus (mm)	10.03	6.42
Espesor Tubo Galvanizado (mm)	9.14	6.25
Distancia entre nudos (cm)	32	42
Distancia entre conexión (cm)	19	25
Foto		

Tabla 6. Pruebas laboratorio 5. Fuente Propia


	Prueba 5	Prueba 6
Esfuerzo a tensión (kg/cm ²)	1017.17	1084.63
Desplazamiento (mm)	3.19	7.39
Espesor Tubo Plus (mm)	6.93	5.92
Espesor Tubo Galvanizado (mm)	6.58	5.82
Distancia entre nudos (cm)	39	43
Distancia entre conexión (cm)	25	26
Foto		

Tabla 7. Pruebas laboratorio 6. Fuente Propia



De las 4 muestras que se probaron, la tercera muestra fue la que presentó resultados esperados. Con la ayuda del PET alcanzó los 1800 kg/cm², aunque no quedó grabado en el registro pues hubo una falla en la varilla, pero seguía presentando esfuerzos y de los 1500 registrados subió 300 kg/cm² más. Esto se pudo deber ya que fue la muestra con un mayor espesor (10mm) de pared y la distancia entre los nudos fue de 32 cm y 19 cm entre conexión.

Lo más interesante fue el comportamiento que tuvo, a diferencia de las muestras sin PET, esta, además de un mayor esfuerzo tuvo un comportamiento plástico, la confinación del PET generó que el bambú no fallara por desgarramiento de manera súbita. Al igual que los ensayos anteriores también falló en el tubo plus, pero aquí poco a poco se fue desplazando la conexión hacia el nudo y cuando llegaba ahí tenía de nuevo un incremento en la resistencia hasta que se fracturaba.

Las otras tres muestras, aunque los resultados no fueron los óptimos, tuvieron el mismo comportamiento cuando fallaba se encontraba en un límite plástico hasta que la conexión se recorría al nudo y tronaba.

Los factores para que no fueran los resultados óptimos y de mayor resistencia es porque como se mencionó el bambú no era de la mejor calidad, estaba en edad pasada y no era un bambú estructural, pero con esos detalles. Se puede confirmar que la aplicación del PET puede ser una muy buena solución; más rápida que la de con mortero, más económica e igual de eficaz.

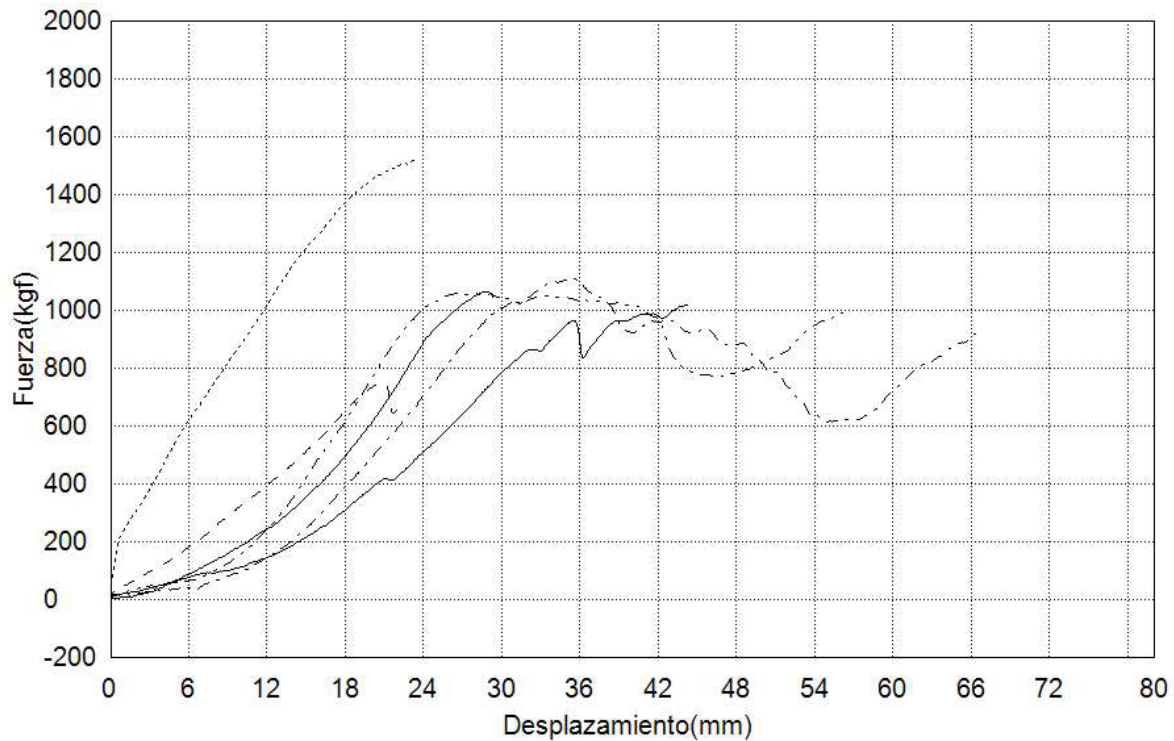
En la tabla de esfuerzo deformación se puede corroborar lo antes mencionado.

Nombre Parametros Unidad	PSF_Carga 0.1 % kgf	PSF_Esfuerzo 0.1 % kgf/cm ²	PSF_Despl 0.1 % mm	Max_Carga Calc. at Entire Areas kgf
Bambu _ 1	-.-	-.-	-.-	1062.93
Bambu _ 2	-.-	-.-	-.-	747.197
Bambu _ 3	-.-	-.-	-.-	1516.13
Bambu _ 4	38.0482	53.3966	5.89400	1106.90
Bambu _ 5	45.7598	64.2191	3.19600	1057.45
Bambu _ 6	91.2646	128.080	7.39000	1017.17
Media	58.3575	81.8986	5.49333	1084.63

Tabla 8. Esfuerzo Deformación. Fuente Propia



PRUEBA DE TENSIÓN



Gráfica 10. Esfuerzo deformación 4. Fuente propia

Calculo Diseño de conexión.

Para tener otro punto de comparación además de las pruebas realizadas y predecir si lo que pasa en la prueba es un resultado esperado, se calculó el diseño de conexión. Primero se determinó la resistencia del bambú, después la del refuerzo de PET y sumando los dos valores tendrían que ser datos muy parecidos a los obtenidos en la prensa mecánica.

Para el diseño de conexión se tomaron criterios del reglamento de Guadalajara 1997, donde especifica que la carga viva de entrepiso debe ser de 190 kg/cm² y para azotea de 100 kg/cm².

El análisis de carga fue el siguiente:



Carga Muerta = Sobrecarga reglamento	40
Entrepiso Firme	60
Plafón	40
Piso	40
	<hr/>
	180 kg/m ²

Carga Muerta = Sobrecarga reglamento	40
Azotea Firme	120
Plafón	40
Ladrillo azotea	30
	<hr/>
	230 kg/m ²

Factor de comportamiento sísmico $Q=2$

Coefficiente sísmico $C=0.36$

Datos del bambú

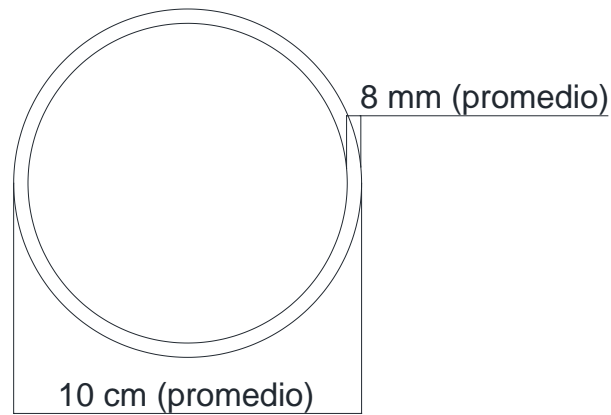
Densidad = 715kg/m³

Módulo de Elasticidad (E) = 191,137 kg/cm²

Resistencia a tensión = 1320 kg/cm²

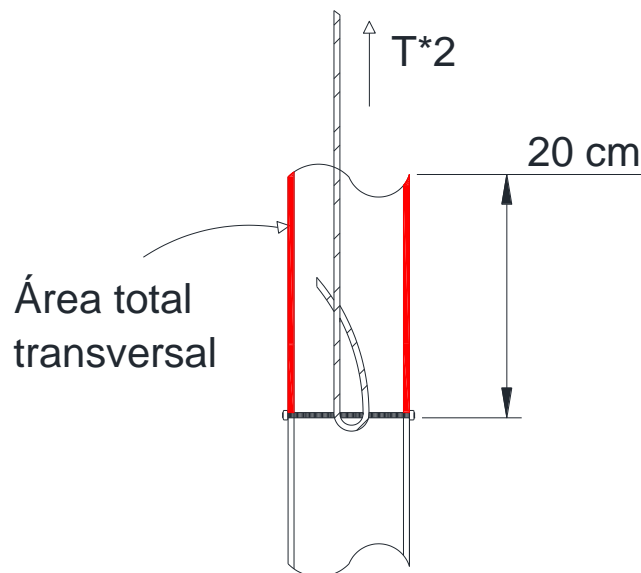
Distorsión lateral elástico = 0.0025 (sin reducción de fuerzas)

Se restringe el esfuerzo admisible del bambú a tensión en 400 kg/cm² ya que este es el esfuerzo en el cual el bambú tiene una deformación unitaria de 0.002 con el fin de que pueda trabajar en conjunto con otros materiales como el concreto, acero y mampostería (compatibilidad de deformaciones).



Perfil Bambú

Conexión bambú



$$\text{Área total transversal} = 20 \text{ cm} (0.8 \text{ cm}) = 16 \text{ cm}^2$$

$$\text{Tensión } T = 11.22 \text{ kg/cm}^2 \times 16 \text{ cm}^2 = 179.52 \text{ kg}$$

$$2T = 179.52 (2) = 359.04 \text{ kg}$$

$$\mathbf{T = 359.04 \text{ kg}}$$

$$\text{Resistencia a corte del bambú} = 1.1 \text{ N/mm}^2 = 11.22 \text{ kg/cm}^2$$



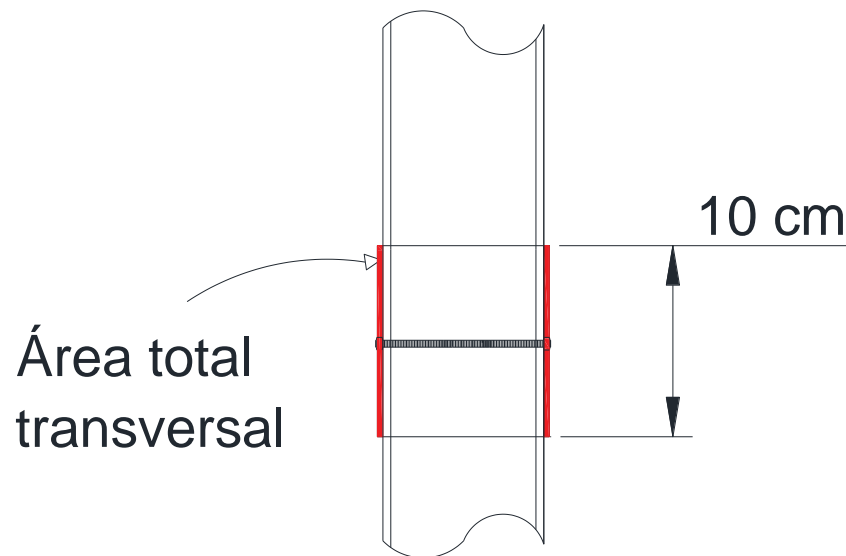
En las pruebas el resultado fue mayor, lo que se puede suponer que se debió a que el nudo rigidizo las paredes del bambú y aumento su resistencia al corte. Esto ya que el área del nudo es mayor, está la membrana, y el acomodo de las fibras es diferente.

Refuerzo PET

Esfuerzo a tensión del PET = 527 Mpa = 5373.9 kg/cm²

Espesor = 0.25 mm = 0.025 cm

Longitud del refuerzo = 10 cm



Área transversal = $A = 0.25 \text{ cm}^2$

Resistencia a tensión = $5373.9 \text{ kg/cm}^2 (0.25 \text{ cm}^2) = 1343.47 \text{ kg}$

En caso que se considere que este esfuerzo aumentara un 30% la resistencia de la conexión al corte nos daría un aumento de 403.04 kg

$T = 1343.47 \times 0.30 = 403.04 \text{ kg}$



Si sumamos las dos resistencias la del bambú y la del PET se tienen valores de 762 .08 kg. Si los comparamos con los datos obtenidos del experimento nuestro modelo matemático está por debajo, esto se puede suponer por el nudo que es más rígido.

Este modelo nos puede ayudar para darnos una idea de la capacidad del bambú, donde si la compramos con la información encontrada en la revisión documental los valores son muy parecidos.

Cabe señalar que a estos cálculos deberá agregarse factores de resistencia con el fin de estar siempre del lado de la seguridad y basándose en un numero razonable de pruebas en las condiciones reales en que trabajará esta conexión.

4.3 Diseño aplicativo de la solución

Propuesta sistema constructivo

Para dar solución a la investigación y de donde partiremos para encontrar los indicadores de sustentabilidad constructiva, se creó el diseño arquitectónico de una vivienda. El diseño de la casa fue el resultado del análisis de las encuestas y de la revisión de documental para conocer cuáles son las necesidades de las familias de Jalisco de un nivel socioeconómico bajo.

Las particularidades del diseño de esta casa es que sale de los estándares en cuanto a área se refiere en los que se construye una casa de interés social. Como dice la CONAVI que una casa debe tener medidas mínimas de 55m² (“Las casas de interés social, mínimo de 55 m²: Conavi | La Crónica de Hoy,” n.d.). Una casa de interés social en fraccionamientos dentro y fuera del Área Metropolitana de Guadalajara mide aproximadamente ente 50 y 65 m². La casa que se propone tiene un área de 79 m², además dividida en dos niveles.



Siendo el bambú el material principal de la vivienda, puede llegar a crear entre los posibles usuarios la cuestión de cómo será, alguno de los resultados obtenidos en las encuestas es que visualizan a esta como una cabaña, es por eso que el aspecto de la propuesta es que no lo parezca, pues el 100% de la estructura estará enjarrada por lo que estará escondida y tendrá el aspecto de una vivienda común.

El diseño de la vivienda está constituido por sala, comedor, cocina y medio baño en planta baja, área de servicio en un pequeño patio y dos recamaras y baño completo en la segunda planta. Tiene la posibilidad de crear una tercera habitación.

El sistema constructivo es: la cimentación dependerá de las condiciones del suelo en la que se quiere construir, pudiera ser cimentación de mampostería, losa de cimentación, suelo cemento etc. Lo único que se requiere es que exista una dala de desplante en todo el perímetro, ya que el bambú no tiene que estar en contacto con la humedad, no puede estar en contacto directo con el suelo. Para la propuesta de esta vivienda por la zona en la que está ubicada se propone una cimentación de piedra brasa seguido de la dala de desplante esto en las zonas de los muros, donde se ubican castillos, se complementa la cimentación con una pequeña zapata de concreto armada con su respectivo dado que sirve también para aislar los castillos de bambú de la humedad.

Para los muros se colocarán postes de bambú en las zonas más críticas, estas son donde hay muro sobre muro y se pondrán diagonales para reforzar. La losa de entepiso y de azotea será compuesta por el sistema bambulosa, vigas de bambú presforzadas. Para los recubrimientos se utilizará la esterilla de bambú con la que se dará forma al sistema llamado bahareque, la diferencia es que será enjarrada por mortero y estuco.

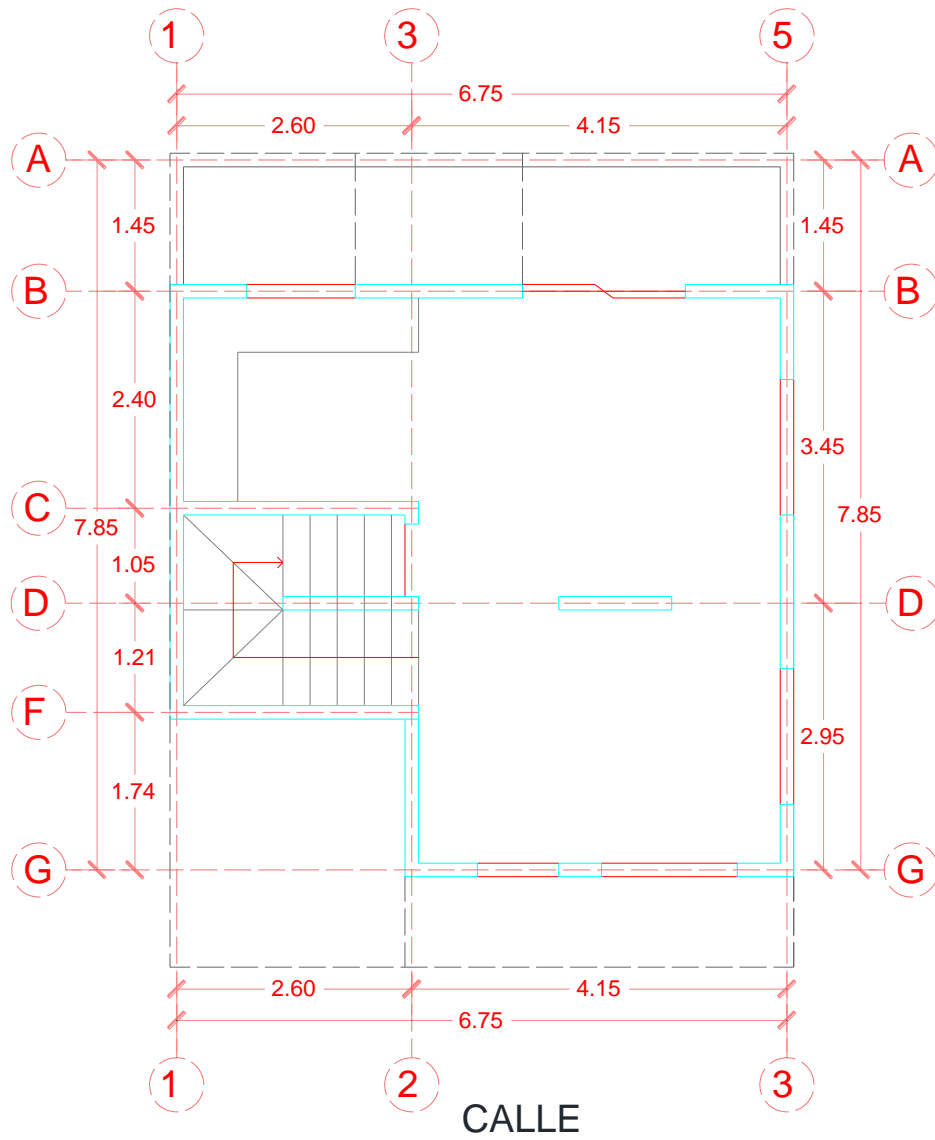
La situación más crítica del sistema constructivo serán las conexiones. Para las conexiones de cimentación a muro y columna se harán con placas de acero para evitar el contacto directo con la dala y evitar la humedad, en los dados saldrán varillas corrugadas donde se colocarán las columnas que se unirán con pernos y mortero. Para las conexiones de viga columna y



viga muro, se unirán con pernos y se reforzarán con botellas de PET, el PET será colocado con la ayuda de fuego para que se pegue al bambú y así evitar desgarramientos.

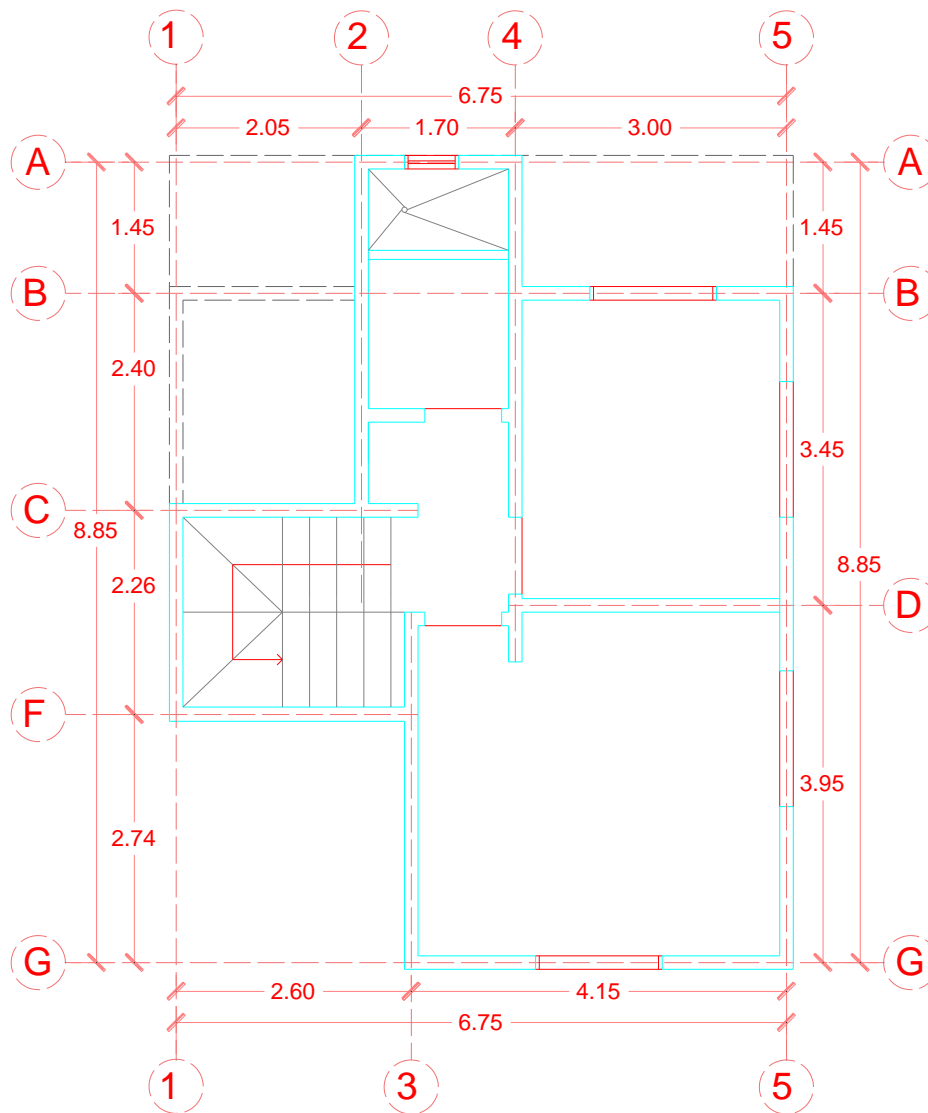
Las instalaciones hidráulicas, sanitarias y pluviales serán iguales a los sistemas constructivos que se usan en Jalisco.

La capacidad de carga del sistema será de valores de 250 a 300 kg/m² para carga viva y 360 a 400 kg/m² para carga muerta según la ficha técnica de la bambulosa.



PLANTA ARQUITECTONICA BAJA

Esc. 1:100



PLANTA ARQUITECTONICA ALTA

Esc. 1:100





Propuesta silvicultura en Jalisco

Otra solución a la investigación, será la propuesta del terreno ideal para la silvicultura de bambú. Las zonas con mayor factibilidad son seleccionadas a partir de la revisión documental y de la entrevista con el Ing. Agrónomo Fernando Partida.

Aunque el bambú se considere que puede cultivarse en cualquier zona bajo diferentes condiciones, es cierto que cuenta con condiciones óptimas para tener un mayor desarrollo. El bambú *guadua angustifolia kunt* tiene características de crecimiento que son tallos rectos de 15 a 20 m de altura y diámetros de 5 a 25 cm. Las características físicas ideales para utilizar el bambú en la construcción son con diámetros de 10 a 15 cm y las alturas máximas esperadas de 25m, las condiciones para que logre este desarrollo con: suelos franco arenosos, terrenos con poca pendiente, la profundidad del suelo tiene que estar entre 60 y 80 cm, temperaturas entre los 18° y 26° C y altura entre 600 y 1900 m.s.n.m. La humedad relativa tiene que ser entre 60 y 80%. El factor principal es la precipitación la cual tiene que estar sobre los 1300mm promedio anuales.



Bajo estas condiciones el terreno ideal se encontrará cerca de las zonas costeras donde la humedad es mayor y la precipitación anual puede sobrepasar los 1300 mm promedio anuales. Zonas de Jalisco donde ya se encuentran plantaciones de este bambú en el municipio de Cabo Corrientes, ya que es una zona costera con alto porcentaje de humedad relativa y alcanza casi los 1000mm de precipitación. Otras de las zonas se encuentran en el sur de Jalisco y Manzanillo por las condiciones similares ya mencionadas.

Otra de las zonas donde también se ha empezado a sembrar la *guadua angustifolia* y está cerca de la AMG es en Villa Corona y Acatlán de Juárez, aunque las zonas no son las más optimas, es una zona donde se puede ayudar con riego. Esta zona es característica por que cultivan la caña y se podría pensar que al ser de la misma familia de gramíneas puede funcionar. Como se menciona, actualmente se encuentran sembradas varias hectáreas de bambú *guadua angustifolia*.

Cerca de esta zona se encuentra el municipio de Amacueca, en este municipio es conocido por el cultivo de café y hay zonas pegadas a la sierra de Tapalpa donde se visto crecer una especie de bambú. Otra similitud de esta zona con las zonas donde crece el bambú es que crece en zonas cafetaleras como, Veracruz, Chiapas y Oaxaca en México. Por eso que podría ser una zona con factibilidad para la silvicultura de la planta.

El municipio de Amacueca se encuentra ubicado entre los 1750 y los 1800 msnm. La temperatura promedio es de 28.5°C acercándose a los 20°C en las zonas más elevadas pegadas a la sierra de Tapalpa. La precipitación va de los 700 a los 1000 mm anuales. La zona está muy cerca de las condiciones óptimas por lo que sería una buena opción para la silvicultura del bambú.



4.4 Factibilidad y validación

Para dar solución a las preguntas generadas y cumplir con los objetivos buscan los indicadores de la sustentabilidad constructiva y al mismo tiempo está se separará en sus tres ramas por la que se definió que está compuesta, sustentabilidad social, sustentabilidad económica y sustentabilidad ambiental.

Sustentabilidad Social

La validación que se hace sobre la sustentabilidad social parte de satisfacer las necesidades de las familias de Jalisco por una vivienda digna, una vivienda que les brinde, seguridad, confianza, que incentive el desarrollo y el crecimiento. Tener una vida digna y decorosa. Una familia que crece bajo estas circunstancias se vuelve una persona productiva y puede aportar en el desarrollo económico y en el desarrollo social. De los resultados obtenidos en las encuestas una mayoría de las personas se dice que no está conforme con el lugar donde viven; la ubicación, distribución y tamaño no son los adecuados para sus necesidades, es por eso que el diseño que se propone sea una opción que ayude a mejorar esas condiciones. Además, una familia que se familiariza con el tema de vivienda sustentable abre su mente y está abierto a un cambio de paradigmas, está abierto a realizar las cosas de diferente manera, para crear un futuro donde se puedan satisfacer las necesidades de la sociedad de la misma forma y si es posible mejor.

El uso del bambú en la vivienda no solo provoca la creación de la misma, sino que puede generar una serie de actividades que son benéficas para la sociedad. Una de ellas es la generación de trabajo, con la aplicación de la silvicultura del bambú para la obtención del material, puede crear que las familias trabajen las tierras, con esto además de ayudar ambientalmente pueden comercializar y generar el sustento económico que necesitan.

De la idea de plantar el bambú nace otro factor; al producir ellos mismos el material para la construcción, las mismas familias pueden hacer uso de la auto construcción para levantar sus



viviendas, está una de las practicas que se realizan por las personas en este nivel socioeconómico en una gran parte de las familias, la diferencia que se tiene con la autoconstrucción con sistemas tradicionales es que ya no gastarían en los materiales más caros como lo es el acero o el cemento y podrían terminar el 100% de la casa, además que la mano de obra no tiene que ser especializada, la construcción se puede modular a las diferentes necesidades y sería una edificación ordenada y bien planificada.

Sustentabilidad Ambiental

El segundo análisis se hace sobre la sustentabilidad ambiental, aquí se hablará primero del material del que estará hecha la vivienda; el bambú. Esta planta como se pudo se revisar en la literatura y en la entrevista, se pudo comprobar que es un material sustentable por varias razones: la capacidad de absorción de CO₂ es mayor al de un árbol por lo que puede producir toneladas de oxígeno anuales en los lugares donde este plantado. Además, tiene una gran capacidad para recuperar suelos erosionados, tiene la capacidad de que las raíces funcionan como filtro y pueden mejorar la calidad del agua, tiene una gran variedad de usos que van desde alimento, muebles y elementos estructurales para la construcción. A diferencia de la madera que tarda años en crecer (hasta 15 años las de más rápido crecimiento) y poder utilizarla en la construcción el bambú solo tarda de 4 a 5 años y su auto reproducción es tal que siendo una planta adulta se puede estar cortando año con año.

La huella ecológica del bambú es tal que los altos valores de fijación de CO₂, los bajos recursos energéticos necesarios para su manipulación y tratamientos compensan y superan el gasto energético necesario para su transporte.

Otro indicador sobre el sistema constructivo que se propone y que valida como sustentabilidad ambiental es el consumo de los recursos energéticos que se utilizaría en la construcción de la vivienda con bambú, pues como se comprobó en la tesis de Felipe Villegas donde se comparan 2 viviendas prácticamente iguales donde una se construye con concreto y la otra con bambú. La vivienda de bambú consume 46.48 megajoules que la de concreto.



Esta cantidad de energía es más baja ya que se deja de usar acero y cemento y puede llegar a representar una buena solución ambiental, no solo por la cantidad de energía que se utiliza en la construcción, sino por la cantidad de energía que se ahorra en la producción de estos materiales. Además, que se debe prestar atención en todo el ciclo desde la extracción, demolición y posteriormente el reciclado.

Sustentabilidad económica.

Para validar los indicadores que se encuentra en esta variable, se hace una comparativa entre los costos básicos de una vivienda con sistema tradicional y una de bambú. Los resultados de esta comparación son los siguientes:

COMPARATIVA PRESUPUESTOS CASA BAMBÚ VS CASA TRADICIONAL

	Casa Bambú	Casa Tradicional
Preliminares	\$ 338.65	\$ 338.65
Drenaje	\$ 5,249.00	\$ 5,249.00
Cimentación	\$ 30,456.20	\$ 30,456.20
Estructura Planta Baja	\$ 59,170.32	\$ 16,815.81
Estructura Segundo Nivel	\$ 50,880.00	\$ 15,152.13
Losa Entrepiso	\$ 22,717.27	\$ 17,290.47
Losa Azotea	\$ 22,332.85	\$ 17,696.33
Albañilería	\$ 3,163.68	\$ 3,163.68
Acabados	\$ 1,901.97	\$ 11,493.03
Instalación Hidráulica	\$ 3,629.23	\$ 3,629.23
Instalación Sanitaria	\$ 1,893.04	\$ 1,893.04
Instalación de Gas	\$ 582.11	\$ 582.11
Muebles y Accesorios	\$ 5,606.05	\$ 5,606.05
Instalaciones Eléctricas	\$ 5,506.97	\$ 5,506.97
Vidrio y Aluminio	\$ 5,476.70	\$ 5,476.70
Carpintería	\$ 4,390.91	\$ 4,390.91
Exteriores	\$ 4,721.03	\$ 4,721.03
Imprevistos		\$ 20,000.00
Total	\$ 228,015.98	\$ 169,461.34

Tabla 9. Presupuestos 1. Fuente Propia



Con los resultados obtenidos en el presupuesto (anexo 6.3) se puede observar que el costo de una vivienda de bambú actualmente es más caro que una vivienda construida con un sistema tradicional en Jalisco por **\$58,554.63**. Esta diferencia se puede ver claramente en cuatro partidas principalmente, que es donde interviene el bambú directamente. Que son la estructura de planta baja y de segundo nivel, losa de entrepiso y azotea. Por lo que se puede decir que no cumple con el indicador de encontrar la vivienda más económica.

Este indicador no se cumple por que el precio del bambú no se encuentra en Jalisco y traerlo de los estados del sur de México cuesta el doble que comprarlo en estos estados. El precio del bambú guadua para Jalisco es de \$36.00 ml, cuando en estos estados lo venden entre \$18 y \$20 ml. Además, a esto hay que sumarle los gastos de flete que van desde los \$7,000 a los \$18,000.

Sustentabilidad Constructiva

Para definir la sustentabilidad constructiva se tiene que hablar de la factibilidad de utilizar el bambú como elemento estructural para la vivienda, sumando todos los factores de la sustentabilidad social, ambiental y económicos de los que ya se mencionaron.

Constructivamente es un material apto para su uso en la construcción, ya que tiene características estructurales superiores a algunas maderas que se usan para la edificar. Los valores del bambú para el diseño estructural son los siguientes según el reglamento de construcción sismo resistente de Colombia: tiene un módulo de elasticidad (E) a la tracción de 190,000. A la compresión de 184,000 y a la flexión de 179,000. Su resistencia a la tracción es de 430 kg/cm², a la compresión perpendicular a la fibra de 560kg/cm² y paralela a la fibra de 650 kg/cm². Su máxima capacidad de resistencia es a la flexión con 740 kg/cm².



- Resistencia a Compresión:

Se presenta cuando la fuerza actúa acortando una dimensión o reduciendo el volumen del cuerpo en cuestión; se define como la fuerza total de compresión dividida por el área de la sección transversal de la pieza sometida al esfuerzo. La compresión paralela a la fibra o al grano, está implicada en muchos usos de la guadua, en columnas, postes, puntales para minas y todos aquellos casos donde la madera está sometida a cargas. Del ensayo de compresión perpendicular se obtienen datos para el cálculo de esfuerzo de las fibras al límite proporcional (EFLP), que es el esfuerzo máximo en compresión que la madera puede soportar sin deformarse, máxima resistencia a la compresión y el módulo de la elasticidad.

- Resistencia a Flexión y Tracción:

En el uso de la guadua para la construcción, la resistencia de la flexión es la propiedad más importante. Entre la compresión paralela, la tracción paralela y la flexión existen las siguientes relaciones: la resistencia a la flexión es alrededor del 75% mayor que la resistencia a la compresión. La flexión se presenta en partes estructurales denominadas vigas, las cuales pueden ser simples, empotradas y viga continua. (Velez, Simón, n.d.)

Sobre la factibilidad constructiva existe demasiada información que valida su uso, entre ellos se encuentra manuales, reglamentos de construcción como el de Perú y Colombia que pueden servir de referencia. En México empresas como Ojtat y Bambuterra han tratado de demostrar a través de proyectos y estudios que también se puede aplicar en nuestro país.

Otros de los indicadores que demuestran la sustentabilidad constructiva es la mano de obra. Para realizar una casa utilizando este material, no es necesario que la mano de obra sea especializada, esto se pudo comprobar en la observación directa, donde se creó un módulo de vivienda solo con la orientación de un especialista y un grupo de voluntarios sin experiencia alguna.



El tiempo de construcción sería otro indicador que aportaría a la sustentabilidad constructiva. Si el módulo de bambú que se construyó se hubiera realizado con materiales tradicionales, como block o ladrillo y vigas u otro sistema constructivo tradicional, estaríamos hablando que más de una semana si se llevaría, cuando el modulo con bambú fueron en horas reales laborales apenas 3 días con jornadas de 8 horas. Estamos hablando que el tiempo de construcción está por debajo de la mitad que con un sistema tradicional. Lo que nos llevaría también a un indicador económico por el ahorro en mano de obra que se tendría.

Anteriormente se habló de la resistencia del bambú, donde se pudo observar que cuenta con propiedades estructurales para la creación de una vivienda. Pero no se mencionó una de las grandes debilidades que son las conexiones. Este es un gran problema que se ha presentado en la construcción ya que la resistencia cortante es muy baja. Para dar solución a esta problemática se recurre al uso de conexiones con acero, lo que las lleva a convertir en una conexión con costos elevados y con una mayor mano de obra especializada.

Con el diseño de experimentos se pudo demostrar, que la propuesta de utilizar el PET como refuerzo para confinar el bambú y darle mayor rigidez, puede ser una buena solución, más económica, más rápida de hacer en comparación con la conexión con mortero. A pesar de que no se pudo utilizar el bambú deseado los resultados son muy favorables y factibles de usar en la construcción.

Con la aplicación del PET como refuerzo se le pudo dar al bambú un comportamiento plástico, cosa que no lo tiene y lo que es mejor manteniendo la capacidad de carga. Lo que da a la construcción seguridad de que si llegará a fallar puede brindar a las familias la certeza de que se puede evacuar. Además, que es una estructura ligera y los daños no serán tan graves.

Como ya se mencionó la factibilidad constructiva es mucho mejor comparando con la conexión con mortero, ya que no hay que esperar a que fragüe el mortero, es mucho más



limpia, más rápida de realizar y no necesita mano de obra especializada. Y se está reusando un material contaminante.

Comparando y dando factibilidad a las pruebas y al bambú en un estudio realizado demuestran que un bambú *Bambusa blumeana* Schultz tiene una resistencia a la compresión de 626 y 1412.368 kg/cm² y este especie es utilizada para una armadura con las conexiones similares a las que se presentan de mortero (“4. Strength of Filled Bamboo Joint,” 2008). Por lo que si el bambú que utilizamos tiene una resistencia a la tensión de 1800 kg/cm² puede ofrecer mejores soluciones y mayor factibilidad constructiva.

En el reglamento de construcción de Perú dice que el diseño de conexiones, al utilizar tarugos de madera y perno de 3/8” en cada extremo da una resistencia admisible de 200kg y 350kg. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016). Este tipo de conexiones son las que usan para las viviendas en estos países, donde llevan un gran avance con la construcción de bambú. Comparando con las conexiones que probamos, utilizando un perno de 1/2” y el tubo plus o el galvanizado sin el PET se obtuvieron resistencias que sobrepasan los 1000 kilogramos. Nuevamente comprobamos que la conexión que proponemos puede ser una gran solución, donde estamos generando tres veces más de la resistencia. Si a eso lo comparamos con la conexión con PET, se está generando una propuesta que ofrece grandes soluciones a la construcción con bambú.



5 Conclusiones y recomendaciones



A partir de la revisión documental y de las diferentes técnicas de investigación realizadas se pudieron encontrar datos que nos ayudaron a validar y confirmar la hipótesis y cumplir con los objetivos. Definiendo indicadores de sustentabilidad constructiva que ayudaron a proponer un sistema de vivienda sustentable de interés social, demostrando que se cumplieron algunas de las condiciones de resistencia, costo, tiempo e impacto ambiental. Otros indicadores o resultados obtenidos no se cumplen, pero son necesarios para replantear la idea, dar recomendaciones y simplemente saber que avances tenemos sobre el bambú y hacia dónde se dirige la investigación y que aportes nuevos se van generando.

Es claro que con el bambú se pueden crear sistemas constructivos y no solo uno, sino que hay una variedad, que nacen a través de las mismas propiedades de la variedad de bambú con la que se trabaja, de las necesidades de la zona donde se está aplicando, de la percepción cultural de la región y de la propia presentación del bambú.

Es por eso que el sistema que se propone en este trabajo es una opción factible ya que nace a partir de modelos y sistemas que han funcionado y que ya se trabajan, con la diferencia que en este sistema se busca que la estructura quede escondida para que no tenga algún efecto en el usuario final y se le dé a la vivienda el adjetivo de casa de pobreza. Esta propuesta se da gracias a que el bambú de forma estructural y no estructural si puede trabajar con otros materiales.

Las uniones de la misma forma se han trabajado en otros sistemas, con un aporte muy importante que es el uso del PET, que si bien no perjudica ni afecta las características estructurales, si ofrece solución para los problemas por desgarramiento longitudinal.

Con el diseño de experimentos y en especial la segunda prueba se pudo demostrar, que la propuesta de utilizar el PET como refuerzo para confinar el bambú y darle mayor rigidez, puede ser una buena solución, más económica, más rápida de hacer en comparación con la conexión con mortero. A pesar de que no se pudo utilizar el bambú deseado los resultados son muy favorables y factibles de usar en la construcción.



Como ya se mencionó la factibilidad constructiva es mucho mejor comparando con la conexión con mortero, ya que no hay que esperar a que fragüe el mortero, es mucho más limpia, más rápida de realizar y no necesita mano de obra especializada. Y como plus se está reusando un material contaminante.

El uso del bambú *guadua angustifolia* en la construcción tiene muchos beneficios, hay tanto tangibles e intangibles, para el usuario y para la economía local. Algunos de ellos pueden ser como ya los mencionamos arriba; el tiempo de construcción es más reducido, se requiere menor mano de obra especializada, es factible de implementar la autoconstrucción, un menor uso de materiales como el concreto y el acero por lo tanto más económico, se le puede dar un valor agregado a la producción local. De los beneficios intangibles pueden ser una adaptabilidad al medio ambiente, el bambú cuenta con propiedades físicas y mecánicas contra cargas sísmicas, se puede integrar con el uso de otros materiales y tecnologías constructivas, es de fácil manipulación y transporte por el poco peso que representa, con mantenimientos adecuados es duradero, cumple con varios propósitos y usos.

Todas estas características podemos encontrar en esta planta tan importante en algunos países de Latinoamérica. Lamentablemente en México no hemos podido explotarla de una forma eficiente o no se encuentra disponible para la gran demanda que ha tenido. Uno de los problemas que se tuvieron durante el desarrollo del trabajo es que no se pudo conseguir, por varias razones, primero el costo de la planta con el tratamiento adecuado era muy elevado, ya que no se encuentra en la zona y se tenía que traer desde ciudades del sur de México como Chiapas, Veracruz y Oaxaca. Más que el costo propio de la planta se elevaba demasiado por el costo del flete y a pesar de que se pudiera considerar para la construcción de una vivienda siendo más caro, puede valer la pena por los tiempos de construcción que son mucho más rápidos y el impacto ambiental que se puede tener puede entrar en una balanza para considerar un proyecto sustentable.



Otro de los problemas por los que no se pudo conseguir, todavía más importante que el costo es que existe una sobre demanda de esta variedad y hay tan pocas plantaciones para cubrir los pedidos que no se está permitiendo llegar a crecer con las características que se necesitan para ser un bambú estructural. La planta tiene que tener una medida como mínima de 10cm de diámetro y lo están comercializando por la mitad del tamaño. Esto se debe a que no lo están dejando crecer el tiempo para que sea una planta madura y los cortes de los culmos son muy apresurados.

A pesar de que es la venta de un material sustentable y la producción de la planta no causa ningún efecto adverso al medio ambiente, se puede observar que sigue rigiendo el modelo económico destructivo con el que vivimos, lo único que importa es el factor monetario, que es lo que me deja una mayor utilidad. En general esto no es malo, representa una gran ayuda y crecimiento para las familias que lo trabajan. El problema es que no se permita que exista un avance tecnológico, no se permita el desarrollo de mejores prácticas y mayor conocimiento sobre las bondades de esta planta.

Por otro lado, también se encuentra cosas buenas ante estas situaciones, ya que las mismas personas que queremos dar uso, están optando por crear sus propias plantaciones. Esto está pasando en Jalisco un pequeño grupo de bambuseros están cultivando la planta. Como el señor Diego que le está apostando a la silvicultura y ya cuenta con varias hectáreas con bambú guadua y oldhamii en varias zonas, algunas cerca de la AMG.

Este tipo de situaciones y avances sin duda le dan validez al trabajo que se presenta, pues mientras se siga investigando y desarrollando mejor tecnología podremos utilizar el bambú cosechado en la zona. Se podrán adquirir a costos más competitivos y se cumplirá con el ciclo completo de la sustentabilidad.

Es por eso que este trabajo, al igual que otros que hablan y aportan sobre el mismo tema y que se han desarrollado en Jalisco pueden ser la base del conocimiento del bambú en la región de Occidente.



Por otro lado, se observó que actualmente la construcción de una vivienda con bambú es por un importe considerable más cara que una vivienda tradicional. Pero también se pudo corroborar que los tiempos de ejecución son mucho menores. Esperando que un futuro con los productores locales que están emergiendo podamos encontrar precios más accesibles. Además, siendo una casa con un bajo consumo de energía, que los materiales tienen una huella de carbono muy baja, que no se necesita mano de obra especializada, que la planta ayuda a combatir una problemática ambiental, que puede generar nuevos empleos, se pudieran conseguir subsidios y ayudas económicas por parte del gobierno para incentivar a las familias de Jalisco, que de hecho ya las hay para la silvicultura del bambú.

Uno de las aportaciones que se crearon en este trabajo es que se pueden crear nuevas líneas de investigación sobre el sistema constructivo y especialmente sobre la conexión con la ayuda del PET, ya que es una conexión que no se encuentra en la literatura o experimentos o al menos no se encontraron en la búsqueda que se realizó.

Con la ayuda del diseño de experimentos se encontró el mejoramiento para una conexión que puede ser más económica y rápida de aplicar, es una propuesta para mejorar y tener una mayor resistencia a cortante donde se pueden evitar fallas por desgarramiento que son muy comunes donde se encuentran los pernos, esto se logra con una simple botella de PET.

El PET es colocado sobre el bambú donde se encuentra la conexión con perno, donde con la ayuda de un soplete se aplica fuego para unir este material con el bambú y que quede rígido, esto en los puntos de las uniones para formar una especie de abrazadera como se ve en la memoria fotográfica del diseño de experimentos, la aplicación de este material ayudó para evitar el desgarre longitudinal del bambú, donde en la mayoría de los casos presentó mejores resultados que una de las uniones más usadas que es con mortero.

Este tipo de conexión actualmente no se encuentra estudiada y no hay información o al menos no se encontró algo similar al respecto, por lo que es una gran aportación a la factibilidad constructiva y al funcionamiento de las conexiones.



¿Por qué es importante y una aportación valiosa a las construcciones con bambú? a pesar de que no se usó en el bambú estructural sobre el que se propone el sistema constructivo, los resultados aportaron información valiosa e interesante, ya que fue un elemento claro para que el bambú no sufriera daños por desgarre como era de esperarse, fue incluso mejor que la conexión con mortero, una conexión que ha sido importante en los sistemas que existen y que la usan en los elementos más importantes que son para el desplante de los muros y columnas.

Con la ayuda del PET suma en el aporte que tienen las construcciones ligeras con bambú bajo los efectos sismo, donde la estructura puede sufrir deformaciones, pero no colapsa por la misma estructura y comportamiento de la planta, por lo que puede garantizar que las familias puedan evacuar ante estas circunstancias. Además, con la implementación de esta conexión se pueden eficiente tiempo y costos. Y se está reutilizando un material contaminante.

Creo fielmente que el bambú se puede convertir en la planta del futuro, es una planta que te engancha desde el primer momento por la gran versatilidad que tiene en usos y aplicaciones, es una planta sustentable, noble y de gran aprendizaje. Es el acero vegetal, es el oro en China, la planta de los mil usos es el bambú



6 Anexos



6.1 Fuentes consultadas

4. Strength of Filled Bamboo Joint. (2008, May 22). Recuperado de <https://javabamboo.wordpress.com/4-bamboo-as-structural-material-for-building/>

Aguirre, A. (2008). El bambú un negocio rentable y ecologico, 76–81.

Bambuterra, & Kaltia. (2015). Sistema Constructivo BiBa.

Benyus, J. M. (2002). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. Nueva York, EUA: William Morrow.

Bibliotecas, D. N. de, Olarte Arenas, A. M., & Olarte Arenas, A. M. (2012). *Repositorio institucional UN* (masters). Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/8576/>

Blas, P. (2015). *Las ruinas que dejó el boom de la vivienda popular en México*. Recuperado el 10 de Julio de 2015, de <http://www.magis.iteso.mx/content/las-ruinas-que-dej%C3%B3-el-boom-de-la-vivienda-popular-en-m%C3%A9xico>

Clase IDI II. (2015, July). Tlaquepaque, Jalisco.

Diaz, Felix, F. (n.d.). Pequeño Manual de La Guadua. Recuperado el 7 de Septiembre 2016, de <https://es.scribd.com/doc/6133069/Pequeno-Manual-de-La-Guadua>

Godinez, C., & Estuardo, B. (2006). Transferencia de tecnología apropiada para la fabricación de fibra prensada de bambú como alternativa económica en la fabricación de viviendas dignas para todos los guatemaltecos de escasos ingresos, pp. 231–254.

Hernandez, M. (2013, Agosto). *Taller de silvicultura y construcción con bambú*. Huatusco, Veracruz.



Hidalgo, O. (n.d.). *Manual de construcción con bambú guadua*. Universidad Nacional de Colombia: Estudios Técnicos Colombianos.

Las casas de interés social, mínimo de 55 m2: Conavi | La Crónica de Hoy. (n.d.). Retrieved July 13, 2017, from <http://www.cronica.com.mx/notas/2008/346319.html>

Lopez, L. F., & Correal, J. F. (2009). Estudio exploratorio de los laminados de bambú guadua angustifolia como material estructural. *Maderas Ciencia Y Tecnología*, pp. 171–182.

Lopez, L., & Trujillo, D. (2002, May). Diseño de elementos en estructuras de guadua.

Luna, P., & Takeuchi, C. (2014). Home for Elderly People Built by the Community with Structural - Elements of Laminated Bamboo Guadua in a Rural Area of Colombia. *Key Engineering Materials*, Vol. 600, pp. 773–782.

Martinez, M. G. (2016). Evaluación del impacto ambiental mediante indicadores de sostenibilidad. Recuperado de <https://riunet.upv.es/handle/10251/71378>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016, March 10). Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica. E 100 Bambú. Recuperado de <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/normas/DS-011-2012-VIVIENDA.pdf>

Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos. (n.d.). Proyecto Nacional de Bambu (Costa Rica). Recuperado el 31 de Diciembre de 2016, de <http://habitat.aq.upm.es/bpal/onu/bp084.html>

Moreira, L., Da Silva, F., & Rodrigues, F. (2014). Bamboo Mast for Lightweight Architecture, *600*, 3–9.

Ojtat. (2016, November 5). Ojtat / Taller de Arquitectura Regenerativa. Recuperado de <http://ojtat.org/>



Orozco, G., Villegas, L., & Garcia, J. J. (2014). Mechanical behavior of bamboo species *Guadua angustifolia* under compression along the thickness of the culm. *Key Engineering Materials*, vol. 600, pp. 49–56.

Pérez, R., & Cortés, G. (2005). El bambú en Jalisco. *Bio Bambú*.

Sanchez, J. (2012). *La vivienda social en México*. JSa.

Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural. (n.d.). Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/307018542/Sociedad-Mexicana-de-Ingenieria-Estructural>

Taller construcción con bambú - Parque agroecológico Zapopan. (2015, October). Zapopan, Jalisco.

Tetreault, & Darcy, V. (2004). *Una taxonomía de modelos de desarrollo sustentable*. Universidad de Guadalajara México: Espiral.

Troya, F., & Xu, C. (2014). Plantation management and resource economics of bamboo in China.

Velez, Simón. (n.d.). Simbolo y busqueda de lo primitivo. Recuperado de http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6130/06_ESD_Cos_pp_35_81.pdf;jsessionid=0848C613CF3EEF31B7F0C39BFC9FA0D0?sequence=6

Villegas, F. (2005). *Comparación consumos de recursos energéticos en al construcción de vivienda social: guadua vs concreto*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.



6.2 Fuentes fotográficas

Ilustración 1, “Partes del culmo”, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016, March 10). Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica. E 100 Bambú. recuperado de <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/normas/DS-011-2012-VIVIENDA.pdf>

Ilustración 2, “Museo Nómada, estructura de bambú”, recuperado de <http://www.archdaily.mx/mx/02-265878/arquitectura-en-bambu-la-obra-de-simon-velez> el 04 de julio de 2015.

Ilustración 3, “Pabellón Zeri, estructura de bambú”, recuperado de <http://www.archdaily.mx/mx/02-265878/arquitectura-en-bambu-la-obra-de-simon-velez> el 04 de julio de 2015.

Ilustración 4, “Iglesia Colombia, estructura de bambú”, recuperado de <http://www.archdaily.mx/mx/02-265878/arquitectura-en-bambu-la-obra-de-simon-velez> el 04 de julio de 2015

Ilustración 5, Estructura Prototipo, Luna, P., & Takeuchi, C. (2014). Home for Elderly People Built by the Community with Structural - Elements of Laminated Bamboo Guadua in a Rural Area of Colombia. Key Engineering Materials, Vol. 600, pp. 773–782.

Ilustración 6, Perspectiva Prototipo, Luna, P., & Takeuchi, C. (2014). Home for Elderly People Built by the Community with Structural - Elements of Laminated Bamboo Guadua in a Rural Area of Colombia. Key Engineering Materials, Vol. 600, pp. 773–782.

Ilustración 7, Vigueta Presforzada Bambulosa, Bambuterra, & Kaltia. (2015). Sistema Constructivo BiBa.

Ilustración 8, Biopanel, Bambuterra, & Kaltia. (2015). Sistema Constructivo BiBa.



Ilustración 9, Sendero interpretativo del bosque de bambú, Ojtat. / Taller de Arquitectura Regenerativa. Recuperado de <http://ojtat.org> 06 de noviembre de 2016.

Ilustración 10, Auditorio flor del bosque, Ojtat. / Taller de Arquitectura Regenerativa. Recuperado de <http://ojtat.org> 06 de noviembre de 2016.

Ilustración 11, Centro de capacitación ambiental, Ojtat. / Taller de Arquitectura Regenerativa. Recuperado de <http://ojtat.org> 06 de noviembre de 2016.

Ilustración 12, Sustentabilidad, Martinez, M. G. (2016). Evaluación del impacto ambiental mediante indicadores de sostenibilidad. Recuperado de <https://riunet.upv.es/handle/10251/71378>

Ilustración 13, Tamaño de muestra, fuente propia.

Ilustración 14, Conexión mortero – perno y solo perno, fuente propia

Ilustración 15, Vaciado de mortero, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016, March 10). Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica. E 100 Bambú. Recuperado de <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/normas/DS-011-2012-VIVIENDA.pdf>

Ilustración 16, Taller bambú 1, fuente propia.

Ilustración 17, Taller bambú 2, fuente propia.

Ilustración 18, Taller bambú 3, fuente propia.

Ilustración 19, Taller bambú 4, fuente propia.

Ilustración 20, Taller bambú 5, fuente propia.

Ilustración 21, Taller bambú 6, fuente propia.

Ilustración 22, Taller bambú 7, fuente propia.



Ilustración 23, Taller bambú 8, fuente propia.

Ilustración 24, Taller bambú 9, fuente propia.

Ilustración 25, Taller bambú 10, fuente propia.

Ilustración 26, Taller bambú 11, fuente propia.

Ilustración 27, Experimentos 1, fuente propia.

Ilustración 28, Experimentos 2, fuente propia.

Ilustración 29, Experimentos 3, fuente propia.

Ilustración 30, Experimentos 4, fuente propia.

Ilustración 31, Diseño experimentos 5, fuente propia.

Ilustración 32, Experimentos 6, fuente propia.

Ilustración 33, Experimentos 7, fuente propia.

Ilustración 34, Experimentos 8, fuente propia.

Ilustración 35, Experimentos 9, fuente propia.

Ilustración 36, Experimentos 10, fuente propia.

Tablas

Tabla 1. Árbol de medios y fines. Fuente Propia

Tabla 2. Pruebas laboratorio 1. Fuente Propia

Tabla 3. Pruebas laboratorio 2. Fuente Propia

Tabla 4. Pruebas laboratorio 3. Fuente Propia

Tabla 5. Pruebas laboratorio 4. Fuente Propia



Tabla 6. Pruebas laboratorio 5. Fuente Propia

Tabla 7. Pruebas laboratorio 6. Fuente Propia

Tabla 8. Esfuerzo Deformación. Fuente Propia

Tabla 9. Presupuestos 1. Fuente Propia

Gráficas

Gráfica 1 - Resultados encuestas 1. Fuente Propia

Gráfica 2. Resultados encuestas 2. Fuente propia

Gráfica 3. Resultados encuestas 2. Fuente propia

Gráfica 4. Resultados encuestas 4 y 5. Fuente propia

Gráfica 5. Resultados encuestas 6. Fuente propia

Gráfica 6. Resultados encuestas 7 y 8. Fuente propia

Gráfica 7. Esfuerzo deformación 1. Fuente propia

Gráfica 8. Esfuerzo deformación 2. Fuente propia

Gráfica 9. Esfuerzo deformación 3. Fuente propia

Gráfica 10. Esfuerzo deformación 4. Fuente propia



6.3 Presupuestos

Presupuesto vivienda con bambú

CASA DE CON SISTEMA BAMBÚ						
Código	Concepto	Unidad	Volumen	PU	Importe	
1	PREELIMINARES				\$	338.65
1.1	TRAZO Y NIVELACION PARA DESPLANTE	M2	70.70	\$ 4.79	\$	338.65
2	DRENAJE				\$	5,249.00
2.1	DRENAJA SANITARIO PARA VIVIENDA, INCLUYE, EXCAVACIONES, APERTURAS, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN	LOTE	1.00	\$ 5,249.00	\$	5,249.00
3	CIMENTACION				\$	30,456.20
3.1	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO A MÁQUINA EN MATERIAL TIPO I-A, DE 0.00 A -2.00 M, INCLUYE: CARGA A CAMIÓN, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M3	21.01	\$ 32.27	\$	677.93
3.2	CIMIENTO DE PIEDRA BRAZA, ASENTADA CON MORTERO CEMENTO ARENA 1:4, ACABADO COMÚN, INCLUYE: MATERIALES, ACARREOS, CORTES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M3	5.92	\$ 1,265.20	\$	7,489.98
3.3	BASE DE CONCRETO DE 40 X 40 X 80 CM A BASE DE CONCRETO f'c=200 kg/cm2 REFORZADA CON 4 VARILLAS #4 Y ESTRIBOS #3 @ 20CM	PZA	24.00	\$ 627.00	\$	15,048.00
3.4	DADO DE 20X20 CM. DE CONCRETO HECHO EN OBRA DE F'C=200 KG/CM2, ACABADO APARENTE, ARMADA CON 4 VARILLAS DE 3/8" Y ESTRIBOS DEL NO.2 A CADA 20 CM., INCLUYE: MATERIALES, ACARREOS, CORTES, DESPERDICIOS, TRASLAPES, AMARRES, CIMBRADO, COLDADO, DESCIMBRADO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	24.00	\$ 54.00	\$	1,296.00
3.5	RELLENO CON MATERIAL PRODUCTO DE LA EXCAVACIÓN COMPACTADO CON PISÓN DE MANO EN CAPAS NO MAYORES DE 20 CMS. INCLUYE: ADICIÓN DE AGUA, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M3	15.09	\$ 136.24	\$	2,055.59



CADENA DE 15X20 CM. DE CONCRETO HECHO EN OBRA DE F'C=200 KG/CM2, ACABADO COMÚN, ARMADA CON 4 VARILLAS DE 3/8" Y ESTRIBOS DEL NO.2 A						
3.6	CADA 20 CM., INCLUYE: MATERIALES, ACARREOS, CORTES, DESPERDICIOS, TRASLAPES, AMARRES, CIMBRADO, COLDADO, DESCIMBRADO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	ML	18.50	\$	210.20	\$ 3,888.70
4	ESTRUCTURA PLANTA BAJA					\$ 59,170.32
4.1	CASTILLO DE BAMBU K1, CONFORMADO POR TRES BAMBUES GUADUAS	ML	23.00		140.40	\$ 3,229.20
4.2	CASTILLO DE BAMBU K2, CONFORMADO POR 4 BAMBUES GUADUAS	ML	32.20		187.20	\$ 6,027.84
4.3	MURO DE BIOPANEL DE GUADUA ANGUSTIFOLIA INCLUYE CERRRAMIENTOS Y MARCOS PARA VENTANAS	M2	58.86		458.00	\$ 26,957.88
4.4	ACABADO ENCEMENTADO SIN BIOPANEL (ESTERILLA, MALLA DE GALLINERO, MORTERO DE CEMENTO)	M2	117.72		195.00	\$ 22,955.40
4.5	ESTRUCTURA SEGUNDO NIVEL BAJA					\$ 50,880.00
4.6	MURO DE BIOPANEL DE GUADUA ANGUSTIFOLIA INCLUYE CERRRAMIENTOS Y MARCOS PARA VENTANAS	M2	60.00		458.00	\$ 27,480.00
4.7	ACABADO ENCEMENTADO SIN BIOPANEL (ESTERILLA, MALLA DE GALLINERO, MORTERO DE CEMENTO)	M2	120.00		195.00	\$ 23,400.00
5	LOSA DE ENTREPISO					\$ 22,717.27
CIMBRA DE MADERA EN LOSA DE TECHO TERMINADO APARENTE CIMBRAPLAY						
5.1	DE 19 MM, INCLUYE MATERIAL, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M2	38.66		132.01	\$ 5,103.51
MALLA ELECTROSOLDADA 6X6 4/4 EN						
5.2	LOSA TAPA DE CONCRETO. SUMINISTRO Y COLOCACION.	M2	38.66		60.56	\$ 2,341.25
5.3	VIGUETA BAMBULOSA	ML	63.20		186.00	\$ 11,755.20
5.4	ELABORACION DE ACABADO ENRASADO EN LOSAS	M2	38.66		46.17	\$ 1,784.93
CONCRETO EN LOSA TAPA CON						
5.5	RESISTENCIA F'C= 200 PREMEZCLADO BOMBEABLE T.M.A. 1/2" REV	M3	1.16		1,493.69	\$ 1,732.38
5.6	LOSA DE AZOTEA					\$ 22,332.85
CIMBRA DE MADERA EN LOSA DE TECHO TERMINADO APARENTE CIMBRAPLAY						
5.7	DE 19 MM, INCLUYE MATERIAL, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M2	40.36		132.01	\$ 5,327.92



	MALLA ELECTROSOLDADA 6X6 4/4 EN					
5.8	LOSA TAPA DE CONCRETO. SUMINISTRO Y COLOCACION.	M2	40.36	60.56	\$	2,444.20
5.9	VIGUETA BAMBULOSA	ML	68.56	186.00	\$	12,752.16
5.10	CONCRETO EN LOSA TAPA CON RESISTENCIA F'C= 200 PREMEZCLADO BOMBEABLE T.M.A. 1/2" REV	ML	1.21	1,493.69	\$	1,808.56
6	ALBAÑILERIA				\$	3,163.68
6.1	LIMPIEZA Y DETALLADO EN GENERAL DE BOVEDA (LOSA DE CONCRETO) BOQUILLAS SOBRE MURO SOGA ACABADO APALILLADO DE MORTERO	M2	38.66	3.50	\$	135.31
6.2	CEMENTO ARENA DE RIO 1:5 CUALQUIER NIVEL, INC: ANDAMIOS PLOMO NIVEL REGLA RECORTES Y ANDAMIOS.	ML	43.70	29.50	\$	1,289.15
6.3	PISO ALFA 2 BEIGE DE PRIMERA EN AREAS HUMEDAS 33X33 ASENTADO CON PEGAZULEJO Y JUNTEADO CON LECHADA DE CEMENTO BLANCO INC: MATERIALES DESPERDICIOS MANO DE OBRA HERRAMIENTA ACARREOS A CUALQUIER NIVEL.	M2	4.05	173.94	\$	704.46
6.4	FORJADO DE SARDINEL EN CHAROLA DE BAÑO. INCLUYE RECUBRIMIENTO CON PISO ALFA 2 BEIGE DE PRIMERA	PZA	1.80	79.17	\$	142.51
6.5	SUMINISTRO Y COLOCACION DE DOMO DE ACRILICO YIPO BURBUJA DE 90X90 CMS, CON SARDINEL PERIMETRAL DE 10 CMS DE ALTURA EN AREA DE BAÑO, INCLUYE MATERIAL, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	PZA	1.00	699.29	\$	699.29
6.6	BOLEADOS, GOTEROS, FILETES Y ESTRIAS.	ML	12.19	15.83	\$	192.97
7	ACABADOS INTERIORES Y EXTERIORES				\$	1,901.97
7.1	PINTURA VINILICA EN MUROS	M2	58.66	29.50	\$	1,730.47
7.2	PINTURA DE ESMALTE EN TUBERIAS DE GAS, HIDRAULICA Y CUADRO MEDIDOR, INCLUYE SUMINISTRO Y APLICACION.	LTE	1.00	95.00	\$	95.00
7.3	MENSULAS PARA TARJA. INCLUYE SUMINISTRO Y COLOCACION.	JGO	1.00	76.50	\$	76.50
8	INSTALACION HIDRAULICA				\$	3,629.23
8.1	INSTALACION HIDRAULICA	LOTE	1.00	3,629.23	\$	3,629.23
9	INSTALACION SANITARIA				\$	1,893.04
9.1	INSTALACION SANITARIA	LOTE	1.00	1,893.04	\$	1,893.04
10	INSTALACION DE GAS				\$	582.11
10.1	INSTALACION DE GAS	LOTE	1.00	582.11	\$	582.11



11	SUMINISTRO E INSTALACION DE MUEBLES Y ACCESORIOS				\$ 5,606.05
11.1	INSTALACION DE TINACO	PZA	1.00	914.48	\$ 914.48
11.2	ALIMENTACION E INSTALACION DE CALENTADOR	PZA	1.00	1,543.80	\$ 1,543.80
11.3	INSTALACION DE FREGADOR	PZA	1.00	1,533.87	\$ 1,533.87
11.4	INSTALACION DE LAVABO	PZA	1.00	753.47	\$ 753.47
11.5	INSTALACION DE INODORO	PZA	1.00	860.43	\$ 860.43
12	INSTALACIONES ELECTRICAS				\$ 5,506.97
12.1	INSTALACIONES ELECTRICAS	LOTE	1.00	5,506.97	\$ 5,506.97
13	ALUMINIO Y VIDRIO				\$ 5,476.70
13.1	VENTANA DE 1.20X1.20 MTS EN ALUMINIO NATURAL LINEA 1,500 C-LIGHT FABRICADO CON JAMBA Y CABEZAL. INCLUYE CRISTAL DE 3 MM, SELLADO ACRILICO COLOR BLANCO APLICADO EN AMBOS LADOS.	PZA	2.00	950.85	\$ 1,901.70
13.2	VENTANA DE 1.50X1.45 MTS EN ALUMINIO NATURAL LINEA 1,500 C-LIGHT FABRICADO CON JAMBA Y CABEZAL. INCLUYE CRISTAL DE 3 MM, SELLADO ACRILICO COLOR BLANCO APLICADO EN AMBOS LADOS.	PZA	1.00	1,250.00	\$ 1,250.00
13.3	PUERTA DE 0.90X2.10 MTS Y CELOCIA DE 0.45X1.20 MTS EN ALUMINIO NATURAL INCLUYE CRISTAL DE 3 MM, SELLADO ACRILICO COLOR BLANCO APLICADO EN AMBOS LADOS.	PZA	1.00	2,325.00	\$ 2,325.00
14	CARPINTERIA				\$ 4,390.91
14.1	PUERTA LISA METALICA DE 0.85X2.10 MTS INCVLUYE MARCO METALICO ZM-225 C/3 BISAGRAS BLANCO ECON, CHAPA CON LLAVE Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COLOCACION.	PZA	1.00	1,421.72	\$ 1,421.72
14.2	PUERTA EUCOPLAC ARENA MDF DE 0.85X2.10 MTS INCLUYE MARCO METALICO ZM-225 C/3 BISAGRAS BLANCO ECON, CHAPA CON LLAVE Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COLOCACION.	PZA	2.00	1,004.12	\$ 2,008.24
14.3	PUERTA EUCOPLAC ARENA MDF DE 0.65X2.10 MTS INCLUYE MARCO METALICO ZM-225 C/3 BISAGRAS BLANCO ECON, CHAPA CON LLAVE Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COLOCACION.	PZA	1.00	960.95	\$ 960.95
15.0	EXTERIORES				\$ 4,721.03



15.1	EXCAVACION A MANO EN CEPA, MATERIAL SECO, TIPO II, ZONA A, PROFUNDIDAD DE 0.00 A 1.00 M, INC. MANO DE OBRRA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION. (PARA DRENAJE INTERIOR DE LA VIVIENDA)	M3	1.04	93.64	\$	97.39
15.2	RELLENO SUELO CEMENTO PROP. 10:1 CON MATERIAL DE LUGAR DALA DE DESPLANTE DE SECCION 10 X 10 CMS PARA DESPLANTE DE MURO DE PATIO, ARMADO CON ARMEX 10 X 10 -3, COLADO CON CONCRETO F'C= 150 KG/CM2 INCLUYE, CIMBRA Y DESCIMBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M3	0.80	488.79	\$	391.03
15.3	ANCLAJE DE CASTILLOS A CIMENTACION DE SUELO CEMENTO CON UN SECCION DE CONCRETO DE 0.40 X 0.40 X 0.30 MTS DE RESISTENCIA F'C= 150 KG/CM2, INCLUYE ARMEX 10X10-3, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJEJCUCION.	ML	4.92	96.73	\$	475.91
15.4	CASTILLO 10 X 10 CMS TIPO (KT) ARMADO CON ARMEX 10 X 10 -3, COLADO CON CONCRETO F'C= 150 KG/CM2 INCLUYE, CIMBRA Y DESCIMBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	PZA	3.00	116.72	\$	350.16
15.5	MURO TIPO CAPUCHINO CON BLOCK DE JALCRETO 10X20X40, CON ESPESOR DE 10 CMS. AENTADO Y JUNTEADO CON MORTERO ARENA AMARILLA PROP 1:5 INCLUYE TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	ML	5.40	95.84	\$	517.54
15.6	DALA DE CORONA EN MUROS DE PATIOS (PERFILADA) ARMEX 10X10-3	M2	7.84	134.45	\$	1,054.09
15.7	CELOTEX EN DALAS Y CASTILLOS LAVADERO DE GRANITO CON PILETA ASENTADO CON MORTERO CEMENTO ARENA 1:5 DE 0.70 X 0.70 MTS. ACABADO PULIDO CON 2 MUROS BAJOS DE BLOCK DE JALCRETO ASENTADO CON MORTERO CEMENTO ARENA 1:5 CARAS EXTERIORES ENJARRADAS. INC: DESCARGA A BASE DE 2 TRAMOS DE 1 MT. DE PVC DE 1/2" DE DIAM. MANO DE OBRA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU BUEN FUNCIONAMIENTO.	ML	12.20	5.17	\$	63.07
15.8						
15.9		PZA	1.00	764.45	\$	764.45
15.10	PISO DE CONCRETO PARA PATIO	M2	2.60	201.50	\$	523.90
TOTAL						\$ 227,677.32



Presupuesto vivienda tradicional

CASA DE CON SISTEMA TRADICIONAL						
Codigo	Concepto	Unidad	Volumen	PU	Importe	
1	PREELIMINARES				\$	338.65
1.1	TRAZO Y NIVELACION PARA DESPLANTE	M2	70.70	\$ 4.79	\$	338.65
2	DRENAJE				\$	5,249.00
2.1	DRENAJA SANITARIO PARA VIVIENDA, INCLUYE, EXCAVACIONES, APERTURAS, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN	LOTE	1.00	\$ 5,249.00	\$	5,249.00
3	CIMENTACION				\$	30,456.20
3.1	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO A MÁQUINA EN MATERIAL TIPO I-A, DE 0.00 A -2.00 M, INCLUYE: CARGA A CAMIÓN, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M3	21.01	\$ 32.27	\$	677.93
3.2	CIMIENTO DE PIEDRA BRAZA, ASENTADA CON MORTERO CEMENTO ARENA 1:4, ACABADO COMÚN, INCLUYE: MATERIALES, ACARREOS, CORTES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M3	5.92	\$ 1,265.20	\$	7,489.98
3.3	BASE DE CONCRETO DE 40 X 40 X 80 CM A BASE DE CONCRETO f'c=200 kg/cm2 REFORZADA CON 4 VARILLAS #4 Y ESTRIBOS #3 @ 20CM	PZA	24.00	\$ 627.00	\$	15,048.00
3.4	DADO DE 20X20 CM. DE CONCRETO HECHO EN OBRA DE F'C=200 KG/CM2, ACABADO APARENTE, ARMADA CON 4 VARILLAS DE 3/8" Y ESTRIBOS DEL NO.2 A CADA 20 CM., INCLUYE: MATERIALES, ACARREOS, CORTES, DESPERDICIOS, TRASLAPES, AMARRES, CIMBRADO, COLDADO, DESCIMBRADO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	24.00	\$ 54.00	\$	1,296.00
3.5	RELLENO CON MATERIAL PRODUCTO DE LA EXCAVACIÓN COMPACTADO CON PISÓN DE MANO EN CAPAS NO MAYORES DE 20 CMS. INCLUYE: ADICIÓN DE AGUA, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M3	15.09	\$ 136.24	\$	2,055.59



	CADENA DE 15X20 CM. DE CONCRETO HECHO EN OBRA DE F'C=200 KG/CM2, ACABADO COMÚN, ARMADA CON 4 VARILLAS DE 3/8" Y ESTRIBOS DEL NO.2					
3.6	A CADA 20 CM., INCLUYE: MATERIALES, ACARREOS, CORTES, DESPERDICIOS, TRASLAPES, AMARRES, CIMBRADO, COLDADO, DESCIMBRADO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	ML	18.50	\$ 210.20	\$ 3,888.70	
4	ESTRUCTURA PLANTA BAJA				\$ 16,815.81	
	CASTILLO 10 X 10 CMS TIPO (KT)					
	ARMADO CON ARMEX 10 X 10 -3, COLADO CON CONCRETO F'C= 150 KG/CM2 INCLUYE, CIMBRA Y DESCIMBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.					
4.1	CASTILLO 20 X 15 TIPO (K-2) CON ARMEX 15X20-4 Y REFORZADO CON 2 VARILLAS DE 3/8", COLADO CON CONCRETO F'C= 150 KG/CM2 INCLUYE, CIMBRA Y DESCIMBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	ML	23.00	101.43	\$ 2,332.89	
4.2	CERRAMIENTO DE CONCRETO F'C=150 KG/CM2 10X10 CMS. REFORZADO CON ARMEX 10X10-3 ACABADO COMUN INC: MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA, EQUIPO ACARREOS Y ELEVACION A CUALQUIER NIVEL.	ML	32.20	140.12	\$ 4,511.86	
4.3	MARCO DE CONCRETO EN VENTANAS DE 5 CMS. DE ESPESOR A BASE DE UNA VARILLA DEL NO. 2 TEC 60. CON CONCRETO F'C=150 KG/CM2 INCLUYE CIMBRA Y DESCIMBRA.	ML	10.30	100.27	\$ 1,032.78	
4.4	COLOCACION DE REFUERZO EN MURO COLINDANTE A BASE DE UNA VARILLA DEL NO. 2 TEC 60	ML	4.30	65.81	\$ 282.98	
4.5	MURO TIPO CAPUCHINO CON BLOCK DE JALCRETO 10X20X40, CON ESPESOR DE 10 CMS. AENTADO Y JUNTEADO CON MORTERO ARENA AMARILLA PROP 1:5 INCLUYE TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	ML	127.60	4.90	\$ 625.24	
4.6	CELOTEX EN LOSA DE CIMENTACION DE 10 CMS. DE ANCHO. INCLUYE SUMINISTRO Y COLOCACION.	M2	58.86	134.45	\$ 7,913.73	
4.7		ML	22.50	5.17	\$ 116.33	
5	ESTRUCTURA SEGUNDO NIVEL				\$ 15,152.13	



CASTILLO 10 X 10 CMS TIPO (KT)						
5.1	ARMADO CON ARMEX 10 X 10 -3, COLADO CON CONCRETO F'C= 150 KG/CM2 INCLUYE, CIMBRA Y DESCIMBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	ML	16.00	101.43	\$	1,622.88
CASTILLO 20 X 15 TIPO (K-2) CON ARMEX 15X20-4 Y REFORZADO CON 2 VARILLAS DE 3/8", COLADO CON CONCRETO F'C= 150 KG/CM2 INCLUYE, CIMBRA Y DESCIMBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.						
5.2	CONCRETO F'C= 150 KG/CM2 INCLUYE, CIMBRA Y DESCIMBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	ML	24.30	140.12	\$	3,404.92
CERRAMIENTO DE CONCRETO F'C=150 KG/CM2 10X10 CMS. REFORZADO CON ARMEX 10X10-3						
5.3	ACABADO COMUN INC: MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA, EQUIPO ACARREOS Y ELEVACION A CUALQUIER NIVEL.	ML	10.30	100.27	\$	1,032.78
MARCO DE CONCRETO EN VENTANAS DE 5 CMS. DE ESPESOR A BASE DE UNA VARILLA DEL NO. 2 TEC 60. CON CONCRETO F'C=150 KG/CM2 INCLUYE CIMBRA Y DESCIMBRA.						
5.4		ML	4.30	65.81	\$	282.98
COLOCACION DE REFUERZO EN MURO COLINDANTE A BASE DE UNA VARILLA DEL NO. 2 TEC 60						
5.5		ML	127.60	4.90	\$	625.24
MURO TIPO CAPUCHINO CON BLOCK DE JALCRETO 10X20X40, CON ESPESOR DE 10 CMS. ASENTADO Y JUNTEADO CON MORTERO ARENA AMARILLA PROP 1:5 INCLUYE TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.						
5.6		M2	60.00	134.45	\$	8,067.00
CELOTEX DE EN LOSA DE CIMENTACION DE 10 CMS. DE ANCHO. INCLUYE SUMINISTRO Y COLOCACION.						
5.7		ML	22.50	5.17	\$	116.33
6	LOSA DE ENTREPISO					\$ 17,290.47
CIMBRA DE MADERA EN LOSA DE TECHO TERMINADO APARENTE CIMBRAPLAY DE 19 MM, INCLUYE MATERIAL, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.						
6.1		M2	38.66	132.01	\$	5,103.51
CIMBRA PERIMETRAL (TIRA DE CORTE) EN LOSA PLANTA ALTA. INCLUYE SUMINISTRO Y COLOCACION.						
6.2		ML	26.30	20.07	\$	527.84



	ACERO DE REFUERZO EN LOSA					
6.3	TAPA. INCLUYE SUMINISTRO Y COLOCACION.	KG	26.05	20.07	\$	522.82
	MALLA ELECTROSOLDADA 6X6 4/4					
6.4	EN LOSA TAPA DE CONCRETO. SUMINISTRO Y COLOCACION.	M2	38.66	60.56	\$	2,341.25
	ARMEX 10X10-3 PARA REFUERZO					
6.5	DE MUROS. INCLUYE SUMINISTRO Y COLOCACION	ML	42.60	26.98	\$	1,149.35
	CONCRETO EN LOSA TAPA CON					
6.6	RESISTENCIA F'C= 200 PREMEZCLADO BOMBEABLE T.M.A. 1/2" REV	M3	3.86	1,493.69	\$	5,765.64
	ELABORACION DE ACABADO					
6.7	ENRASADO EN LOSAS	M2	38.66	46.17	\$	1,784.93
	CELOTEX EN LOSA DE					
6.8	CIMENTACION DE 10 CMS. DE ANCHO. INCLUYE SUMINISTRO Y COLOCACION.	ML	18.40	5.17	\$	95.13
7	LOSA DE AZOTEA				\$	17,696.33
	CIMBRA DE MADERA EN LOSA DE					
	TECHO TERMINADO APARENTE					
7.1	CIMBRAPLAY DE 19 MM, INCLUYE MATERIAL, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M2	40.36	132.01	\$	5,327.92
	CIMBRA PERIMETRAL (TIRA DE					
7.2	CORTE) EN LOSA PLANTA ALTA. INCLUYE SUMINISTRO Y COLOCACION.	ML	26.30	20.07	\$	527.84
	ACERO DE REFUERZO EN LOSA					
7.3	TAPA. INCLUYE SUMINISTRO Y COLOCACION.	KG	26.05	20.07	\$	522.82
	MALLA ELECTROSOLDADA 6X6 4/4					
7.4	EN LOSA TAPA DE CONCRETO. SUMINISTRO Y COLOCACION.	M2	40.36	60.56	\$	2,444.20
	ARMEX 10X10-3 PARA REFUERZO					
7.5	DE MUROS. INCLUYE SUMINISTRO Y COLOCACION	ML	42.60	26.98	\$	1,149.35
	CONCRETO EN LOSA TAPA CON					
7.6	RESISTENCIA F'C= 200 PREMEZCLADO BOMBEABLE T.M.A. 1/2" REV	M3	3.86	1,493.69	\$	5,765.64
	ELABORACION DE ACABADO					
7.7	ENRASADO EN LOSAS	M2	40.36	46.17	\$	1,863.42
	CELOTEX EN LOSA DE					
7.8	CIMENTACION DE 10 CMS. DE ANCHO. INCLUYE SUMINISTRO Y COLOCACION.	ML	18.40	5.17	\$	95.13
8	ALBAÑILERIA				\$	3,163.68
	LIMPIEZA Y DETALLADO EN					
8.1	GENERAL DE BOVEDA (LOSA DE CONCRETO)	M2	38.66	3.50	\$	135.31



8.2	BOQUILLAS SOBRE MURO SOGA ACABADO APALILLADO DE MORTERO CEMENTO ARENA DE RIO 1:5 CUALQUIER NIVEL, INC: ANDAMIOS PLOMO NIVEL REGLA RECORTES Y ANDAMIOS.	ML	43.70	29.50	\$	1,289.15
	PISO ALFA 2 BEIGE DE PRIMERA EN AREAS HUMEDAS 33X33 ASENTADO CON PEGAZULEJO Y JUNTEADO CON LECHADA DE CEMENTO BLANCO INC: MATERIALES DESPERDICIOS MANO DE OBRA HERRAMIENTA ACARREOS A CUALQUIER NIVEL.	M2	4.05	173.94	\$	704.46
8.3	FORJADO DE SARDINEL EN CHAROLA DE BAÑO. INCLUYE RECUBRIMIENTO CON PISO ALFA 2 BEIGE DE PRIMERA	PZA	1.80	79.17	\$	142.51
8.4	SUMINISTRO Y COLOCACION DE DOMO DE ACRILICO YIPO BURBUJA DE 90X90 CMS, CON SARDINEL PERIMETRAL DE 10 CMS DE ALTURA EN AREA DE BAÑO, INCLUYE MATERIAL, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	PZA	1.00	699.29	\$	699.29
8.5	BOLEADOS, GOTEROS, FILETES Y ESTRIAS.	ML	12.19	15.83	\$	192.97
9	ACABADOS INTERIORES Y EXTERIORES				\$	11,493.03
9.1	APLICACION DE PASTA TEXTURIZADA CON COLOR INTEGRADO EN BOVEDAS	M2	39.68	52.40	\$	2,079.23
9.2	APLICACION DE PASTA TEXTURIZADA CON COLOR INTEGRADO EN MUROS.	M2	108.23	52.40	\$	5,671.25
9.3	APLANADO APALILLADO O SIMILAR CON MEZCLA MORTERO ARENA 1:5 EN MUROS	M2	26.85	103.50	\$	2,778.98
9.4	PINTURA VINILICA EN MUROS PINTURA DE ESMALTE EN	M2	26.85	29.50	\$	792.08
9.5	TUBERIAS DE GAS, HIDRAULICA Y CUADRO MEDIDOR, INCLUYE SUMINISTRO Y APLICACION.	LTE	1.00	95.00	\$	95.00
9.6	MENSULAS PARA TARJA. INCLUYE SUMINISTRO Y COLOCACION.	JGO	1.00	76.50	\$	76.50
10	INSTALACION HIDRAULICA				\$	3,629.23
10.1	INSTALACION HIDRAULICA	LOTE	1.00	3,629.23	\$	3,629.23
11	INSTALACION SANITARIA				\$	1,893.04
11.1	INSTALACION SANITARIA	LOTE	1.00	1,893.04	\$	1,893.04
12	INSTALACION DE GAS				\$	582.11



12.1	INSTALACION DE GAS	LOTE	1.00	582.11	\$	582.11
13	SUMINISTRO E INSTALACION DE MUEBLES Y ACCESORIOS				\$	5,606.05
13.1	INSTALACION DE TINACO	PZA	1.00	914.48	\$	914.48
13.2	ALIMENTACION E INSTALACION DE CALENTADOR	PZA	1.00	1,543.80	\$	1,543.80
13.3	INSTALACION DE FREGADOR	PZA	1.00	1,533.87	\$	1,533.87
13.4	INSTALACION DE LAVABO	PZA	1.00	753.47	\$	753.47
13.5	INSTALACION DE INODORO	PZA	1.00	860.43	\$	860.43
14	INSTALACIONES ELECTRICAS				\$	5,506.97
14.1	INSTALACIONES ELECTRICAS	LOTE	1.00	5,506.97	\$	5,506.97
15	ALUMINIO Y VIDRIO				\$	5,476.70
15.1	VENTANA DE 1.20X1.20 MTS EN ALUMINIO NATURAL LINEA 1,500 C-LIGHT FABRICADO CON JAMBA Y CABEZAL. INCLUYE CRISTAL DE 3 MM, SELLADO ACRILICO COLOR BLANCO APLICADO EN AMBOS LADOS.	PZA	2.00	950.85	\$	1,901.70
15.2	VENTANA DE 1.50X1.45 MTS EN ALUMINIO NATURAL LINEA 1,500 C-LIGHT FABRICADO CON JAMBA Y CABEZAL. INCLUYE CRISTAL DE 3 MM, SELLADO ACRILICO COLOR BLANCO APLICADO EN AMBOS LADOS.	PZA	1.00	1,250.00	\$	1,250.00
15.3	PUERTA DE 0.90X2.10 MTS Y CELOCIA DE 0.45X1.20 MTS EN ALUMINIO NATURAL INCLUYE CRISTAL DE 3 MM, SELLADO ACRILICO COLOR BLANCO APLICADO EN AMBOS LADOS.	PZA	1.00	2,325.00	\$	2,325.00
16	CARPINTERIA				\$	4,390.91
16.1	PUERTA LISA METALICA DE 0.85X2.10 MTS INCVLUYE MARCO METALICO ZM-225 C/3 BISAGRAS BLANCO ECON, CHAPA CON LLAVE Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COLOCACION.	PZA	1.00	1,421.72	\$	1,421.72
16.2	PUERTA EUCOPLAC ARENA MDF DE 0.85X2.10 MTS INCLUYE MARCO METALICO ZM-225 C/3 BISAGRAS BLANCO ECON, CHAPA CON LLAVE Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COLOCACION.	PZA	2.00	1,004.12	\$	2,008.24
16.3	PUERTA EUCOPLAC ARENA MDF DE 0.65X2.10 MTS INCLUYE MARCO METALICO ZM-225 C/3 BISAGRAS BLANCO ECON, CHAPA CON LLAVE Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COLOCACION.	PZA	1.00	960.95	\$	960.95



17	EXTERIORES				\$ 4,721.03
	EXCAVACION A MANO EN CEPA, MATERIAL SECO, TIPO II, ZONA A, PROFUNDIDAD DE 0.00 A 1.00 M, INC.				
17.1	MANO DE OBRRA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION. (PARA DRENAJE INTERIOR DE LA VIVIENDA)	M3	1.04	93.64	\$ 97.39
17.2	RELLENO SUELO CEMENTO PROP. 10:1 CON MATERIAL DE LUGAR	M3	0.80	488.79	\$ 391.03
	DALA DE DESPLANTE DE SECCION 10 X 10 CMS PARA DESPLANTE DE MURO DE PATIO, ARMADO CON ARMEX				
17.3	10 X 10 -3, COLADO CON CONCRETO F'C= 150 KG/CM2 INCLUYE, CIMBRA Y DESCIMBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	ML	4.92	96.73	\$ 475.91
	ANCLAJE DE CASTILLOS A CIMENTACION DE SUELO CEMENTO CON UN SECCION DE CONCRETO DE 0.40 X 0.40 X 0.30 MTS DE RESISTENCIA				
17.4	F'C= 150 KG/CM2, INCLUYE ARMEX 10X10-3, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	PZA	3.00	116.72	\$ 350.16
	CASTILLO 10 X 10 CMS TIPO (KT) ARMADO CON ARMEX 10 X 10 -3, COLADO CON CONCRETO F'C= 150 KG/CM2 INCLUYE, CIMBRA Y				
17.5	DESCIMBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	ML	5.40	95.84	\$ 517.54
	MURO TIPO CAPUCHINO CON BLOCK DE JALCRETO 10X20X40, CON ESPESOR DE 10 CMS. AENTADO Y				
17.6	JUNTEADO CON MORTERO ARENA AMARILLA PROP 1:5 INCLUYE TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M2	7.84	134.45	\$ 1,054.09
17.7	DALA DE CORONA EN MUROS DE PATIOS (PERFILADA) ARMEX 10X10-3	ML	4.92	98.27	\$ 483.49
17.8	CELOTEX EN DALAS Y CASTILLOS	ML	12.20	5.17	\$ 63.07



	LAVADERO DE GRANITO CON PILETA ASENTADO CON MORTERO CEMENTO ARENA 1:5 DE 0.70 X 0.70 MTS. ACABADO PULIDO CON 2 MUROS BAJOS DE BLOCK DE JALCRETO ASENTADO CON MORTERO CEMENTO ARENA 1:5 CARAS EXTERIORES ENJARRADAS. INC: DESCARGA A BASE DE 2 TRAMOS DE 1 MT. DE PVC DE 1/2" DE DIAM. MANO DE OBRA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU BUEN FUNCIONAMIENTO.	PZA	1.00	764.45	\$	764.45
17.9						
17.10	PISO DE CONCRETO PARA PATIO	M2	2.60	201.50	\$	523.90
18	IMPREVISTOS					\$ 20,000.00
18.1	IMPREVISTOS	LOTE	1	\$ 20,000.00	\$	20,000.00
TOTAL						\$ 169,122.69



6.4 Transcripción entrevista

Indicadores de sustentabilidad constructiva en una casa edificada con bambú como una opción de vivienda sustentable de interés social para la región de Jalisco. 2015 – 2016

Agustín Segura Pérez

ITESO

17 de noviembre del 2015

ENTREVISTA CLAVE 01

Datos del entrevistado

Nombre: Fernando Partida

Ocupación: Ingeniero Agrónomo

Datos de la entrevista

Fecha de realización: 27 de octubre del 2015

Lugar: Guadalajara, Jalisco

Hora de inicio/fin: 17:30/18:31

Datos del entrevistador

Nombre: Agustín Segura Pérez

Rol o cargo: Investigador

Agustín Segura (A en adelante): Que tal buenas tardes, ingeniero Fernando, antes que nada, le quiero dar las gracias por el tiempo que nos brinda para esta entrevista, mi nombre es Agustín Segura soy ingeniero civil y estoy estudiando la Maestría en Proyectos y Edificaciones Sustentables en el ITESO, y



antes de empezar esta entrevista quisiera platicarle un poco de mi proyecto. Mi proyecto lleva por nombre “Indicadores de sustentabilidad constructiva en una casa edificada con bambú como una opción de vivienda sustentable de interés social para la región de Jalisco. Y como objetivo general del proyecto es desarrollar una propuesta de casa, edificada con bambú, que cumpla con indicadores de sustentabilidad constructiva con el propósito de impulsar una opción viable de vivienda sustentable de interés social, para el mercado inmobiliario de Jalisco, que pueda ofrecer está a las familias que la habitan una casa digna y que influya en su desarrollo personal para una vida segura autónoma e independiente, que sea económica de fácil accesibilidad y que aporte en contra el daño ambiental. Pues ya dándole un poco de inicio a la entrevista los temas que quisiera tratar con usted es un poco hablar de la silvicultura del bambú en México y de la construcción con bambú y bueno para empezar este le quisiera preguntar: ¿De las especies de bambú que existen en el mundo cuáles podemos encontrar en México y siendo un poco más específico cuáles especies de bambú nos pueden ayudar más para ser utilizadas en la construcción?



Fernando Partida (F en adelante): Bueno aquí en México tenemos unas 38 especies nativas de las cuales no han sido muy explotadas, entonces de las introducidas podemos hablar de especies semi-estructurales y especies estructurales. Dentro de las especies semi-estructurales tenemos la *bambusa olhamii* originaria de china, tenemos el *phyllostachys bambusoides* de comúnmente se le conoce como madake y otras que bueno no deseo ahorita mencionarlas porque bueno son de menor diámetro. De las estructurales son introducidas a México, está la *guadua angustifolia* que es originaria de Colombia, que fue introducida hace más de 30 años aquí en México y ha de haber unas 1500 hectáreas establecidas en el sur este de México, es un bambú estructural, allá en Colombia en Sudamérica le dicen el acero vegetal y es ideal por sus características para la construcción y que pues en él, en varias partes del país sería factible su cultivo de acuerdo a ciertos parámetros climáticos que luego mencionaremos.

A: Muy bien, este nos mencionas dos tipos de bambú el *oldhamii* y el *guadua angustifolia*, si quisiera aplicar la silvicultura específicamente en la región de Jalisco, ¿Qué condiciones se tendrían que dar en el suelo,



hablando de clima de la elevación del mar, ósea hablando de características puntuales para que llegue a funcionar la silvicultura de esas dos especies?

F: Bien, en respecto al suelo, las dos especies y en general todo el bambú requiere de suelos que no sean compactados, que no sean suelos arcillosos, si no que sean suelos francos y que tengan un buen contenido de materia orgánica, aunque esas condiciones de suelo se pueden ir modificando con el tiempo, por los beneficios ambientales que tiene en general el bambú porque amarra los suelos y evita así la erosión y la pérdida de suelo durante años, eso en cuanto a suelos, en cuanto a altura sobre el nivel del mar, hablando de las dos especies se adaptan muy bien, bueno en especial la *guadua angustifolia* se adaptaría en un rango de entre los 900 a los 1800 msnm y requiere una alta humedad relativa en el ambiente, ya desde un 60 hasta un 80%. En el caso de la *bambusa oldhamii* esta podemos tenerla con buenos, con una buena producción aceptable como le decía desde los 200 msnm hasta los 2000 msnm, también siempre y cuando haya humedad relativa y que no haga tanto frío, pues requiere un buen régimen de lluvias y en la época de estiaje o sequías poder tener agua disponible para



tener riegos de auxilio y principalmente en los primeros años que la planta todavía no coloniza el suelo con sus raíces.

A: Ok. ¿Todo el tiempo es necesario estarla regando, o hay un punto donde la planta de bambú ya enraízo en el suelo ya es parte de y pueda subsistir por si sola o todo el tiempo es necesario estarla regando en tiempos de estiaje?

F: Muy buena pregunta, de especies nativas no hay necesidad de regar, porque ya están adaptadas a ese medio ambiente como en el caso del otate aquí en Jalisco, que la *otatea acuminata* y la *aztecorum*, aparte guardan reservas de agua en sus rizomas y están perfectamente adaptadas a que si hay periodos de secas donde si no llueve nada con el puto sereno con eso tienen, pero las especies que son introducidas aunque sean nativas de otra región de México necesariamente si tenemos que tener agua disponible para regar, si queremos tener en el caso de producción de madera pues tallos comerciales que tengan buen diámetro y altura.

A: Hablando un poco de los métodos de propagación, ¿Cuáles tú crees que son los



más, los mejores para usar, los más económicos o los más fáciles para aplicar?

F: Bueno, dado que el bambú es una gramínea se puede reproducir por semilla, pero los periodos en cuanto a producción de semilla son bastante largos, hay desde 20 años hasta 100 años para que florezca un bambú y entonces produzca semilla, por esos periodos tan largos de floración y por lo tanto producción de semilla se opta por la propagación vegetativa, que es por una parte por un rizoma con un trozo de tallo o un trozo de tallo que al menos tenga 3 nudos con una rama intermedia, estos se entierran en camas de enraizamiento y más o menos a los 3 meses se empieza ya a brotar, pues de los nudos raíces y de la parte aérea ya hay brotes que estos en otros 6 meses se pueden hacer divisiones y luego volverlos a poner en otras camas de enraizamiento. Con esto podemos tener de una sola planta, podemos producir hasta 100 plantas en un periodo como de 1 año aproximadamente. Hay otro tipo de producción más acelerada, que, pues no hay mucha investigación aquí en México específicamente en el bambú, que es la propagación in-vitro, entonces ha habido unas dificultades entonces es un poco caro y lleva más tiempo establecer un protocolo de



distribución in-vitro, pero es factible de hacerse.

A: Del tiempo de crecimiento del bambú que está hablando de una planta, sea ya por rizoma ¿es la más rápida de crecimiento?

F: En teoría cuando queremos que se acelere un poquito la producción de tallos en más corto tiempo, tallos comerciales, producimos ya en una plantación, establecemos una plantación más bien con un rizoma completo y una buena masa radicular, con un tallo o dos de al menos 2 metros de altura, en más poco tiempo podemos tener ya los primeros brotes que con planta que es de maceta que viene en una bolsa de 1 litro, pero este primer método con rizoma es muy caro porque hay que dividir una mata adulta y entonces de ahí sacar producto de esa división varias matas y luego establecer, entonces la mano de obra para extraerla, si no se cuenta con maquinaria pesada, es bastante caro.

A: Entonces, ¿la más viable sería por plántula?

F: Por plántula, con un buen manejo, ahora si silvicultural estamos hablando que mantener el área de al menos 1 metro alrededor de cada planta limpia de las arvenses las mal llamadas



malas hierbas que no son mala hierba y que este bien regado, fertilizado y contra plagas y enfermedades podría ser de acuerdo al cuidado y al clima de cada región que a los 4 años ya empezamos a contar con tallos ya comerciales, de entre 3 y 4 centímetros de diámetro y unos 5 centímetros de altura, que estos serían de 2 a 3 metros aprovechables.

A: Muy bien. Ahorita me mencionabas un poco de las hierbas malas, ¿qué cuidados o qué plagas o qué aspectos tenemos que tener cuidados a la hora de estar produciendo, cosechando el bambú?

F: Hay plagas del suelo como de la parte aérea, en plagas son los insectos que se alimentan de las raíces, por ejemplo las gallinas ciegas, el barrenador de los rizomas etc. pero si tenemos un buen contenido de materia orgánica nada más en los primeros años esto podría representar un problema, ya una vez ya establecida la planta, ya no significa problema, en la parte aérea tenemos también ataques, tenemos en la parte aérea un insecto que es un barrenador que tiene unas mandíbulas poderosas, hace galerías y barrena como si fuera un taladro, de echo le dicen la broca, como el insecto que ataca la broca del café, los granos de café y este si



significa un problema que es, que cuando hay una infestación si hay que tratar de controlarlo, bueno no tratar controlarlo de enemigos naturales y con insecticidas, porque entonces si nos causaría un problema en la producción, nos estaría produciendo tallos deformes o se truncaría el desarrollo de los tallos y en general de la mata, hay otras plagas enfermedades que no significan tanto problema, teniendo los cuidados adecuados es una planta muy rústica y pues puede prosperar libremente en cualquier clima.

A: Muy bien. También me mencionabas que estas son especies que se han introducido aquí a México, hablando específicamente de llegar a tener la silvicultura en el estado de Jalisco, ¿existen condiciones o reglamentos que nos puedan detener la silvicultura de este tipo de bambú ya sea el *oldhamii* o *guadua angustifolia*?

F: No, no porque dentro del programa Pro-árbol de la PRONAFOR que es el organismo que se dedica a implementar y a impulsar la plantación de plantaciones forestales, como decía Alex, depende de la SEMARNAT, hay varios géneros que son apoyados por los programas de PRONAFOR, delante el que tenemos se llamaba Pro-árbol, ahorita no



recuerdo como se llamaba el programa, pero existe actualmente. Dentro de los géneros de bambú que están actualmente apoyados por este programa es el género de las *guaduas*, el género de las *bambuseas*, el género *phyllostachys* y creo que son todos.

A: ¿Existen fondos de ayuda para la gente que quiera implementar la silvicultura o tiene que ser pura inversión privada?

F: Si, redundando otra vez en el tema de los apoyos de este programa, hay apoyos por hectárea, actualmente no tengo bien el dato, pero han de ser unos 10 000 pesos por hectárea, pero según las reglas de operación que cambian cada año, te admiten posiblemente entre 5 o 10 hectáreas mínimo para que puedas ser apoyado y que tengas al menos un 80% de sobrevivencia.

A: Si tuviéramos el terreno ideal o la capacidad de poder plantar bambú aquí en Jalisco, ¿cuál sería la zona perfecta para plantar el oldhamii y cuál sería la zona perfecta para plantar el guadua angustifolia, aquí en la región de Jalisco?

F: Pues donde haya las condiciones de suelo que antes mencione, de precipitación y humedad



relativa y la altura a sobre el nivel del mar, pues habría que analizar que municipios del estado de Jalisco en específico reúnen estas condiciones agroclimáticas y entonces elegir la especie más adecuada pero también un punto muy importante que hay que observar es que hay que establecer las plantaciones de bambú mediante a objetivos, no plantar por plantar porque me gusto esta, si no tener un objetivo comercial a futuro para tener lo sustentable en la misma plantación.

A: Ok. ¿Y sobre tu experiencia ya has visto plantaciones de guadua aquí en Jalisco?

F: No, solo algunos pilotos que hay regados sobre varios municipios aquí en Jalisco de un cuarto de hectárea media hectárea que es lo más que me ha tocado ver, pero no hay un censo dónde están esas, es porque algún amigo me ha platicado que alguien hizo un ensayo y bueno haya en el municipio de Tomatlán Jalisco. El gobierno del estado por medio de la SEDEUR la secretaria de seguridad rural, hace como unos 15 años más o menos, estableció 6 hectáreas, son como de unas 15 especies y están ahí en un área que lo maneja todavía el gobierno del estado, que no la conozco yo físicamente pero pues han prevalecido aunque no fue el lugar ideal para esta



plantación porque pues unas requieren distintas condiciones, pero fue más que nada como un ensayo, también era la plantación más grande que conozco yo y que pertenece al gobierno del estado, de particulares o ONGs o asociaciones no hay plantaciones grandes, en la pasada expo forestal que fue aquí en Guadalajara estaban unas personas que su objetivo era producir biomasa, producir arcillas y exportarlas a Europa y a Estados Unidos y la especie que ellos decidieron establecer, es empezar con un proyecto piloto de 1,000 hectáreas hasta alcanzar 10,000 hectáreas de *guadua angustifolia*, porque es la que ellos consideraron que es la que era gran productora de biomasa y creo que el proyecto ya lo están echando a andar o ya lo echaron a andar, pusieron en marcha, desde el año pasado, para el área de Tomatlán, la huerta, el Tuito, por ahí, ya que están haciendo convenios con ejidatarios con borneros y con pequeños propietarios para el uso de la tierra.

A: ¿Son los climas más cálidos, costeros húmedos?

F: Si, pues bueno eso fue lo que un estudio que ellos hicieron fue lo que les arrojó, según una plática breve que tuve con ellos.



A: Ok. ya cambiando un poquito, bueno siguiendo hablando de la silvicultura, pero un poco de los aspectos económicos. Como bien lo mencionaste esta es una planta que la vamos a introducir en Jalisco, ¿dónde la podemos conseguir, de dónde la podemos traer y qué precio de la planta podemos obtener para esa planta?

F: El estado que produce más planta para plantaciones forestales comerciales de estas dos especies si continuamos con el tema *guadua angustifolia* y *bambú oldhamii* es en Veracruz, hay varios viveros unos chicos otros medianos y otros un poco más grandes, aunque también hay en el estado de Puebla y en el estado de Morelos y ya más al sur este que hay otros cuantos, pero pequeños. Yo en mi experiencia he estado trayendo planta de Veracruz de muy buena calidad, producida por medios vegetativos en camas de enraizamiento y el costo pues allá en Veracruz es de alrededor de 30 pesos por planta, más el flete que hay que traerla, el costo del flete hasta acá a Guadalajara y de aquí a donde se vaya a establecer una plantación.

A: Hablando de costos de inversión para una hectárea de bambú ¿cuál sería, siendo más



específico cuántas plantas se necesitarían para una hectárea de bambú?

F: Si, hay un criterio que se estuvo manejando en los últimos años en que el marco de plantación era, entre hileras y entre plantas de 5 metros, esto nos arrojaba como resultado 400 plantas por hectárea, entonces si tenemos 400 plantas por hectárea hablando que ya llegarán aquí a Guadalajara en 40 pesos serían 16 mil pesos por hectáreas, sin establecerla todavía , ahora ya se están manejando otros criterios en base a la observación de las plantaciones que se han establecido aquí en México durante años y que no fue el marco ideal de plantación, este que acabo de mencionar, si no que tenemos que agrandarlo, tal vez hacer pues marcos de plantación de distancia entre surcos de 8 metros y entre planta y planta 6 metros por que con el paso de los años finalmente una cepa va alcanzar junto con la otra y se nos va a hacer un bosque, totalmente del predio, entonces para darle más espacio a cada mata y tener mejor calidad de tallos debemos de alargar un poquito estos marcos de plantación para que también haya menos competencia por luz, agua, nutrientes y espacio y por manejo, porque a la hora del aprovechamiento, nos estorbaría que estuvieran en pocos años que



estuvieran muy cercana a las sepas, entonces pues con base en esto el número de plantas que podemos tener por hectárea y ya el costo, ahí nos deriva el costo.

A: Bueno, con esto que me mencionas que aumentaron los rangos entre planta y planta pues quiere decir que el bambú tiene una excelente capacidad de reproducción más o menos una planta, también a lo que me comentabas del tiempo para poder utilizarlo en la producción es de 4 a 5 años más o menos ¿cuántas plantas podríamos obtener, sobre la plantación inicial de 300, 400 plantas por hectárea?

F: Bueno hablando ya de una plantación adulta, que tenga una antigüedad de al menos 8 años que fue establecida y que ya tengamos tallos comerciales de entre 6 a 10 centímetros de diámetro, pudiéramos estar cosechando cada año, o año y medio o cada dos años, según sea el ciclo de aprovechamiento entre 1000 y 1500 tallos comerciales por año, a partir del octavo año, se hacen entre sacas que es mínimo en los primeros años del crecimiento, estamos hablando que a partir de un buen manejo a partir del 4 año de establecida la plantación podemos tener tallos ya comerciales pero más delgados, que no es lo



típico de una planta adulta y serían empezando por 250, 300 tallos por hectárea en un inicio, conforme va madurando la plantación y va creciendo, va pasando los años, pues esta producción de tallos va aumentando, hasta llegar a un equilibrio donde podamos tener un aprovechamiento de 1500-2000 tallos por hectárea, dependiendo mucho esto del manejo silvicultural que se le dé.

A: Ya terminando el tema de la silvicultura y de los factores económicos, ¿los costos de cuidados y de mantenimiento, son caros, son económicos, más o menos?

F: Puedo decir que son equiparables a cualquier cultivo de árboles frutales por que los jornales que se utilizan para cuidar un árbol frutal son menores en el bambú, aunque a la hora de hacer los jornales o cualquier actividad de silvicultura que se le tenga que aplicar al cultivo de bambú a la plantación, entonces si se requiere mucha mano de obra, es exponencial y pues el costo de mano de obra varia de una región a otra, porque no es lo mismo, por ejemplo en Veracruz que puedes costar el jornal entre \$120 - \$150 por día, aquí en Jalisco que puede estar rondando entre los \$180 - \$200 pesos por día, un jornal, entonces



en diferentes partes del país el costo del jornal es diferente.

A: Y ¿cuántos jornales por semana o por mes a tu experiencia, digo para sacar un promedio o si ya tuvieras el dato de cuánto se gastaría de mantenimiento en una hectárea?

F: Se utilizan de 2 a 4 personas por hectárea en una semana, 4 personas hacen el jornal de mantenimiento de una hectárea.

A: Y ¿a partir de qué tiempo se empieza a dar ese mantenimiento, desde que se planta?

F: Desde que estableces la plantación, porque no hay que como el cultivo, como es un cultivo que estas introduciendo obviamente todas las arvenses, mal llamadas vuelvo a redundar en malas hierbas, estas arvenses ya están adaptadas a ese suelo y a ese clima porque son nativas de ahí, entonces su crecimiento va a ser más agresivo que el cultivo que establezcamos, por tanto, ay que quitarle la competencia de las arvenses al cultivo del bambú, para que este pueda prevalecer.

A: Ok. buena ya cambiando un poquito de tema, directamente del bambú en la construcción y en específico de las 2 especies que estamos



hablando que es la *oldhamii* y la *guadua angustifolia*, ¿qué tratamientos se le tienen que dar si lo queremos utilizar para construir vivienda?

F: Muy bien, esto viene desde la plantación, si el bambú proviene de una plantación bien manejada hablando silviculturalmente, partiendo de ahí entonces hay que elegir solo los tallos maduros que tengan cuando mucho 4 años de edad hasta 6 años de edad, hablando de cada tallo y escoger los de mejor porte mejor altura y calidad, que no estén perforados que no estén dañados, ya se llevan al centro de acopio se limpian, una vez que ya hayan estado desramados, se trocean con medidas estándar comerciales que vienen siendo, de 2 hasta 4 metros u otras medidas especiales que vienen siendo hasta 8 metros de largo, entonces ya sufre un proceso, tenemos que, bueno si se utiliza el sistema o técnica de preservación con boro, tenemos que perforar los tímpanos con una varilla, todo lo largo de un tubo de bambú, de un tallo de bambú y luego ya con la solución disuelta en agua en una piscina, lo sumergimos completamente y ahí duran 5 días en la solución de boro, al término se extraen y se estilan a que suelten toda el agua que hayan tenido y luego pasan a un galerón para que se



sequen horizontalmente acomodados y clasificados por diámetro y por especie, donde de tal manera que les llegue el aire de todos lados, estos es para que sequen de manera natural, a los 3 meses más o menos ya están secos y listos para usarse en construcción.

A: Ya hablando directamente del volumen o la cantidad de bambú para construir una casa, ¿cuánto? se mide por metro lineal, o por pieza, ¿cuántos metros lineales o piezas se necesitarían para construir una casa, poniendo como referencia una casa de 55 60 70 metros cuadrados de superficie construida?

F: Pues yo creo que, con unos 150 tramos de 6 metros hasta 200 tramos para construir una casa con esa superficie, por qué digo este rango, porque depende del diseño, el diseño constructivo, entonces a diseños más sencillos, obviamente se lleva menor material a diseños más sofisticados pues lleva más material, y así no más del bambú, de los demás también materiales que se utilizan.

A: ¿De estos 2 bambúes cuál nos da mejores características estructurales para una vivienda?



F: Obviamente el *guadua angustifolia* porque es un bambú estructural meramente dicho y la *bambusa oldhamii* está considerado como semi-estructural, cual es la diferencia entre uno y otro, bueno en el caso del *guadua angustifolia* tiene más contenido de fibra, más contenido de silicio y los entre nudos, la distancia de entre un nudo al otro son más cortos y aparte la pared de cada tallo es más gruesa, esto le confiere bastante resistencia y fuerza al aplastamiento a la tensión y a la flexión, que en el caso de la *bambusa oldhamii* que es de pared más delgada, los entre nudos son bastante largos y esto le resta resistencia y tiene menos contenido de fibras, silicio y signina.

A: ¿Qué productos podemos obtener del bambú *oldhamii* o *guadua* para usarlos en la construcción o se utiliza directamente el bambú como tal para la construcción, existen como algunos derivados, como vigas, laminadas o que productos podemos obtener?

F: Se pueden obtener muchísimos productos derivados del bambú, que se puede decir que son productos de bambú como tal, el bambú tal y como lo cortamos y lo cosechamos de la naturaleza es bambú rollizo que es como un rollo un tubo y para esto tenemos que conocer



las técnicas de ensamblaje y los tipos de uniones que hay que han sido estudiadas por otras personas ya durante mucho tiempo, pero también ya podemos hacer tablilla, esterilla, que la esterilla es como desenrollar el bambú y lo podemos utilizar para relleno de paredes techos pisos etc. hacer paneles estructurales, hacer armaduras para prefabricados en un taller y luego llevarlos al sitio de construcción y luego ya hacer los ensamblajes ahí en el lugar, pero hay otro producto que pues algunos países aquí en Sudamérica ya van un poquito más adelantados que en México, que es el caso de Colombia y Ecuador donde ellos ya están haciendo laminados de guadua específicamente y están haciendo ya vigas, vigas que haz de cuenta parecen un polín de madera, o la puedes hacer la viga tan ancho y de espesor del que tu desees y pues perfectamente se puede construir con ellas como si estuvieras construyendo con madera.

A: ¿Se puede prestar para otros sistemas constructivos o darle mayor funcionalidad a una vivienda?

F: Si y pues ya es otro diseño, aunque ya con bambú laminado pierde su esencia rústica, porque ahí ya sufre todo un proceso. para lograr los laminados, entonces depende aquí, pues



depende mucho del gusto de la persona que quiera construir, si quieres continuar con un estilo rústico y utilizar el bambú tal y como viene de la naturaleza pues es un gusto y hay construcciones sofisticadas y elegantes tanto con bambú rústico como con bambú laminado.

A: Ok, si tuviéramos que darle una dimensión al terreno, para el volumen necesario de una vivienda de una casa con las características que te mencionaba de 55 a 60 70 metros cuadrados ¿cuál sería esa dimensión del terreno?

F: Perfectamente y queda hasta sobrado con media hectárea, hasta para una casa de 150 metros cuadrados, además me atrevo a decir que hasta para una casa de 200 metros cuadrados de superficie construida con media hectárea es suficiente para poder extraer tallos y construir totalmente, por muy sofisticada que sea.

A: Muy bien, los costos de esta madera tratada, ya de los tratamientos que me comentabas con bórax o ácido bórico ¿cuál sería, directamente a la planta?

F: ¿No sé si te refieras al costo por metro cuadrado?



A: ¿Viene por metro cuadrado? no, ¿el costo del bambú como tal? el tallo como tal ya tratado para utilizarlo en la construcción.

F: En construcción utilizamos tramos de 6 metros de largo y el diámetro más adecuado es entre los 8 a los 11 centímetros de diámetro podemos decir en caso de *guadua angustifolia* es la de mayor costo precisamente porque es estructural y puede llegar desde los 50 a los 80 pesos por metro lineal.

A: Mencionabas también las esterillas que era como para dar, que puede ser utilizada en losas en muros ¿ese si es por metro cuadrado o por metro lineal y cuál es su costo?

F: No, esa se vende igual, un tramo de metros por lo general ya que no pueden ser más largos porque pues el bambú es un cilindro cónico entonces en la parte basal es más ancho y en la parte pical tiende a reducirse su diámetro entonces cuando tu fabricas la esterilla igual tienes una tabla de un ancho en promedio de 18 o hasta 30 centímetros en la parte basal y ya una punta que es la parte pical, se reduce hasta 20, en ese sentido, entonces a la hora de colocarlas o de instalarlas sobre cualquier pared o para usarlas como cielo raso o para



cubrir un espacio entre vigas horizontales del mismo bambú de madera tiene que colocarlas una en sentido inverso de tal manera que la base de una coincida con la parte pical de la otra para compensar el ancho de cada una.

A: También mencionabas la tablilla. ¿La tablilla dónde la podemos utilizar y cuál sería su costo y el costo de la esterilla?

F: De la esterilla un tramo de 3 metros por el diámetro del mismo bambú, nos va a dar el ancho de la esterilla esa a de andar entre 50 pesos cada tramo. estoy hablando de que es bambú ya tratado ya está preservado no es bambú sin preservar de ahí el costo, y pues los costos también del transporte, hay otros productos que mencionabas que es la tablilla que es propiamente una reglilla que se saca por medio de cortes con sierra de los tallos de bambú y esa si es más estándar que la que se utiliza es de 3 cm de ancho hasta 4 en este caso, él se puede sacar tanto de *guadua angustifolia* como del *oldhamii*, el que se ha estado utilizando más es el *oldhamii* por ser el más flexible y más delgada la pared es más manejable que el *guadua*, entonces esta podemos obtener hasta cuadros de 4 metros, esta entonces podemos jugar con ella hacer tejidos, está ya la podemos tejer y formar



obras muy bellas de tejido, de tal manera que la podemos usar en cielos rasos y en muros incluso en pisos, incluso para reforzar concretos.

A: Ok, y también mencionando un poco las vigas laminadas, ¿tienes algún dato de costo por metro lineal de esas vigas tratadas, o todavía no llegan aquí a México?

F: No, no tengo idea, en ese sentido sería mentir porque no hay quien todavía se esté dedicando comercialmente, tal vez habrá unas cuantas personas que estén ya haciendo algunas pruebas de laminado, pero realmente ningún productor, ninguna empresa ni mediana ni pequeña está haciendo laminados, menos con vigas entonces la verdad no tendría bien el dato.

A: Muy bien, a tu experiencia, a obras que has hecho, ¿cuál sería más o menos un costo por metro cuadrado de construcción? y también si nos podrías comentar un poco qué tipo de sistema utilizaste para esa construcción y también no sé si me puedas ayudar sobre un sistema de vivienda para una casa de interés social si pudieras tener un costo más o menos ya hablando de la mano de obra de la construcción



F: Bueno, mano de obra ya calificada con gente entrenada en el trabajo del bambú, pues ahorita puede estar ganando un operario ya calificado entre \$400 y \$500 por día y el costo por metro cuadrado es un tanto equiparable a la construcción tradicional, podemos decir que depende, como mencione anteriormente que depende del diseño, tiene mucho que ver el diseño es lo que nos va determinar el costo, puede andar en un rango desde \$1000 hasta \$1400 por metro cuadrado. Precisamente en este momento y en esta región de Jalisco, porque hay que traerlo desde Veracruz hay que traerlo de fuera, como mencionábamos al principio de la entrevista, si ya hubiera plantaciones comerciales aquí en Jalisco, cercanas a la zona metropolitana pues abarataríamos bastante los costos y espero que en un futuro no muy lejano entonces si bajaría muchísimo el costo en comparación con la construcción convencional.

A: ¿Entonces actualmente podríamos decir que el costo es muy similar?

F: Es similar y en algunos casos hasta más elevado.

A: ¿Por el solo hecho de que el bambú no lo tenemos aquí en la región?



F: Sí, y en el diseño y de la sofisticación de la construcción en sí, porque a que me refiero con esto, a que lleve más material y que las uniones que se hagan para llevar acabo pues es la habilitación en este tipo de obras pues lleve más tiempo pues que se requiera aquí, pues que hay muy poca gente que está calificada para hacerlo en este momento.

A: OK. Costos de mantenimiento ya de la casa terminada ¿existen?

F: Los terminados de las paredes y techo son muy similares a los de construcciones convencionales, podemos enjarrarlas y darles los mismo terminados incluso puedes poner piso o loseta y fuera ya bambú expuesto, que está totalmente expuesto o a la vista, es mínimo el mantenimiento tiene mucho que ver con la construcción por diseño, desde que haces el diseño de la construcción, alejados el bambú del piso, cuando menos a 50 centímetros y siempre tratar de construir aleros para tratar de proteger los mismos tallos que están formando los muros o las paredes contra el sol y contra la lluvia y pues un producto para protegerlo que nos es muy caro y que ha dado excelentes resultados es el aceite de linaza, entonces una casa bien



protegida por diseño con que cada año se le dé una mano con aceite de linaza con eso es suficiente, cuando está más expuesto a las inclemencias del tiempo, ósea del sol y la lluvias pues ay que darle unas dos aplicaciones por año.

A: Y hablando del costo en sí, ¿cuál sería el costo de ese mantenimiento un bambú expuesto y un bambú que no esté expuesto?

F: Bueno voy a decir, cuanto rinde 1 litro de aceite de linaza y de ahí pues ya lo traducimos en el costo, un litro de aceite de linaza rondara ahorita, depende de donde lo compre uno entre 100 y 30 pesos el litro y un litro nos rinde para cubrir 8 metros cuadrados de bambú o de madera, porque incluso lo podemos utilizar en la madera, es más o menos el promedio que nos rinde, este obviamente ay que rebajarlo con aguarrás o con dosel pero es mejor rebajarlo con aguarrás por que el aguarrás proviene de las resina de los árboles del pino, entonces es más natural y más sustentable y pues amigable con el medio ambiente.

A: El tiempo, bueno ya también hablando de la característica de la vivienda, ¿cuál sería el tiempo de construcción de una casa en su



experiencia? ¿cuánto tardaste, o más o menos a lo que has escuchado o visto cuanto se tarda en levantar una casa? estamos hablando y dando por entender que es una mano de obra calificada.

F: Bueno desde la obra negra que fue, pues ahora sí que él, nivelado de terreno la excavación para hacer la cimentación con las zapatas de concreto y concreto reforzado y que de tal manera que también dejamos 50 a 60 centímetros de sobre cimienta para darle la protección por diseño y alejar el bambú del suelo y hasta la ejecución total de la obra, voy a poner por ejemplo, un tejaban con bastantes pilares a tres metros de distancia cada uno fue de 8 metros por 12 metros la superficie y esta fue la cubierta se le puso con lámina metálica y una pérgola de 6 metros de diámetro con 8 pilares y vigas reciprocas, nos tardamos como, con todo y la obra negra, alrededor de mes y medio aproximadamente.

A: La percepción de las personas acerca de esta tecnología podría ser variada y tal vez negativa, ¿qué ventajas tu nos puedes mencionar sobre una vivienda de bambú?

F: Bueno pues que es un material natural, no contamina es térmico, cuando hace calor es



fresco, cuando estas en el interior de una vivienda de este tipo y cuando hace frío también atrapa el calor, aparte atrapa el dióxido de carbono entonces también te purifica el aire, la percepción de la gente es que como no es tan conocido aquí por esta parte del país, pues piensan que es caro, en parte tienen parte de razón por que ay que traerlo de unas grandes distancias y de otro estado, pero pues si traemos por volumen entonces podemos bajar muchísimo los costos del transporte, y comprar y la compra hacer el convenio directamente con el productor. para que podamos bajar los costos esa sería una manera de poder como explicar la sustentabilidad de este material en esta parte del país, pero en general la percepción de la gente pues le gusta muchísimo, ahorita está muy de moda y causa asombro y la percepción que tienen al ver una construcción de este tipo, piensan que no va a durar o que se va a caer, pero es porque no tienen la información una que el bambú procede de plantaciones forestales comerciales y que es bambú de tallos maduros y que es bambú de calidad y que esta tratado contra la polilla.

A: Ahorita mencionaste que la gente piensa que no va a durar, ¿podrías dar tu algún dato del tiempo de duración de una vivienda de bambú



expuesta y no expuesta? ósea ya sea presentado como el dato de poder decir, esta vivienda es de 30, 40, 50, 100 años.

F: si definitivamente. aquí en Jalisco no puedo decirlo porque las construcciones que han hecho otras personas. para allá para la costa de Jalisco y las que he hecho yo en la zona metropolitana de Guadalajara pues apenas tienen un año o dos porque yo apenas empecé con esta actividad, por acá en este país, pero los lugares donde yo he visitado, por ejemplo en Veracruz y en Puebla hay construcciones ya de 10 años y hay otras construcciones ya de 20 años y están como si estuvieran recién construidas, una construcción bien hecha, como materiales escogidos y tratados te puede durar 50 - 100 años y dándole su buen mantenimiento como cualquier otra construcción convencional pero en el caso del bambú, hay construcciones que datan de 100 años, y ahí están en pie todavía y sin apolillarse ni nada y sin casi sin mantenimiento.

A: Mencionabas hace un rato que el bambú puede funcionar muy bien con enjarres, hablando específicamente y hablar un poco en el tema de esta funcionalidad con otros materiales ¿qué nos puedes mencionar? ¿tiene buen



funcionamiento con que materiales se puede mejorar su capacidad estructural, que material no debemos mezclar con el bambú?

F: Pues yo creo que prácticamente se lleva con cualquier material ya sea natural o artificial o como en el caso del cemento obviamente con el concreto armado se lleva muy bien y pues quedan las construcciones más firmes más fuertes, aunque depende de las técnicas constructivas pues se llevan con los otros materiales naturales como es piedra, como tierra cruda, pues ladrillo con metal con madera y con otro tipo de fibras naturales.

A: ¿Es posible crear una vivienda de dos pisos para una familia?

F: Pienso que hasta de 3 pisos.

A: ¿Tiene la capacidad estructural a tu experiencia?

F: Si, esto hablando de bambú estructurales guadua angustifolia con el oldhamii no, con el oldhamii ay que utilizarlo en construcción pero con reservas, se utiliza que está considerado como semi-estructural, se utiliza en construcciones ligeras donde no tenga que soportar tanto peso, ya en estructuras donde va a soportar más peso, como en este caso una



vivienda de dos pisos o hasta de 3 si necesariamente tenemos que utilizar guadua angustifolia u otro bambú estructural que hay más, hay en mundo más de 1400 especies de bambú leñoso pero no todas son aptas para construir.

A: ¿Qué sistemas constructivos haz utilizado tú?

¿para ti cuál ha sido el que te ha dado mejor resultado o que has visto? ¿si quisiéramos construir una vivienda y con que otros materiales, juntando como todos los aspectos y quisiéramos formar una vivienda? como te comentaba mi objetivo de este estudio, crear una vivienda de interés social que compita con las viviendas de materiales tradicionales, ¿qué sistemas podemos utilizar constructivos y con qué los podemos acompañar y sobre esa misma línea que pueda competir tanto en factores económicos, estructurales y tal vez darle el plus de que a la mejor podemos tener productos o a lo mejor una vivienda de muchísimo más calidad?

F: Definitivamente, pues en cuanto a las construcciones tradicionales, tenemos debemos tener una buena cimentación porque de ahí parte y de esto por lo general lo que he estado yo utilizando es concreto armado, al menos hasta lo que es la cimentación y el



sobre cimientto, ya a partir del sobre cimientto que son 50 cm del nivel del suelo hacia arriba ahí ya entra lo que es sentado ya los bambúes que van a formar los pilares que van a sostener toda la estructura, ya una vez formados los pilares, entonces ya comenzamos, ahora si a encadenar la construcción con otros bambúes tanto de manera horizontal como en diagonal, porque cuando construyes con bambú son construcciones articuladas, entonces debemos de estar formando triángulos, ya sea triángulos equiláteros, isósceles para darle mayor resistencia y podemos utilizar armaduras prefabricadas en el suelo o en otro lugar y llevarlas al lugar ya definitivo de la construcción, y luego ya entonces colocarla para que todo haga un cuerpo, de tal manera que ningún elemento este aislado todos deben de estar unidos con otros, para darle firmeza y darle estructura total a toda la construcción. Entonces obviamente para esto debemos de hacer un diseño y la planimetría necesaria, esto para una construcción pues sencilla. no se ocupa mucho calculo, pero ya para una construcción donde sí se van a soportar pesos...

A: Ya para terminar, ¿si crees que pueda ser posible crear una vivienda de interés social que



compita, ahorita con las condiciones que tenemos?

F: Si, yo pienso que al menos compite en precio, al menos quedaría igual que lo que actualmente se está construyendo con los materiales convencionales. al menos, pero mejoraría mucho la estancia dentro de una vivienda construida con bambú, porque lo que mencione anteriormente, son térmicas son más confortables y aparte te da una mejor calidad del aire que se está respirado dentro de la vivienda, por tanto, te mejora sustancialmente la calidad de vida dentro de una vivienda con este tipo, con este material.

A: Pues bueno ingeniero Fernando le quiero agradecer por el tiempo que me brindo posteriormente si necesita algún dato de la entrevista con gusto se lo haré llegar, esta entrevista se va a transcribir va formar parte de mi trabajo de obtención de grado así que cualquier dato con mucho gusto se lo podría presentar, también está abierto para llegar a los resultados finales y con mucho gusto lo prestaremos.

F: Esperemos verlo en un futuro muy próximo y te agradezco y aparte yo te reitero que si durante la entrevista se nos haya escapado algún tema



o algún punto que posiblemente por el tiempo no lo tratamos a fondo o que no fui muy específico, siéntete con la confianza de contactarme y con gusto abundamos más en el tema para enriquecer tu proyecto y pues dar para adelante y que sea un éxito.

A: Pues muchísimas gracias.

6.5 Vaciado Encuestas

FOUO	NOMBRE ENCUESTADOR	LUGAR LEVANTA	EDAD	SEXO	1. CASA PROPIA	1.1 COMO LA ADQUIRIÓ	2. PERSONAS VIVEN	3. NIVEL SATISFAC	4.1 NUM CUARTO	4.2 NUM BAÑOS	4.3 PATIO	4.4 COCINERA CUANTOS AUTOS	4.5 METROS CUADRADOS DE CONST	5. PRESTACIONES DE VIVIENDA	5.1 CUANTOS VIVEN EN LA PREST	6. APROX RENDI MENSUAL	7. TOP OF MINE CARBOTE. USA	8. APOE COMPR DURABILIDAD	8.1 APOE COMPR PRECIO	8.2 APOE COMPR DURABILIDAD	8.3 APOE COMPR DISEÑO	8.4 APOE COMPR CALIDAD	8.5 APOE COMPR PARQUES	8.6 APOE COMPR CASA CLUB	8.7 APOE COMPR OTRO	8.8 APOE COMPR. OTRO	8.9 APOE SORA. NUM CUARTOS	8.10 APOE SORA. NUM BAÑOS	8.11 APOE SORA. NUM HABIT	8.12 APOE SORA. NUM BAÑOS	8.13 APOE SORA. PATIO	8.14 APOE SORA. CUANTOS AUTOS	8.15 CONOCE BARBU	9. QUE SARE DEL BARBU	10. A1 R1 C1	11. COMP CASA BARBU POR QUE	12. A1 R1 C1	13. COMP CASA BARBU POR QUE	14. POR QUE COMPRABA
1	MONY	SAN AGUSTIN	52	M	SI	HERENCIA	5	SATISFECHO	3	1	SI	2	210	NO	NO CUENTA	4000-6000	SERVICIOS BASICOS	8	10	7	9	6	5	4	8	3	2	SI	2	SI	ADORNAR CASAS	NO CONOCE	A	SI	COSTO	COSTO			
2	AGUSTIN	SAN AGUSTIN	52	F	SI	CREDITO	3	MUY SATISFECHO	5	1	SI	1	NO SABE	NO	NO CUENTA	4000-8000	SERVICIOS BASICOS	10	10	5	9	8	7	4	7	2	2	SI	2	SI	QUE SE PUEDEN HACER CASAS	CONSTRUCCION DE CASAS	A	SI	ESTAN BONITAS	DISEÑO			
3	MONY	SANTA ANITA	25	F	NO	HERITAJE	3	SATISFECHO	2	2	SI	2	50	SI	INFORMAVIT	MAS 8000	QUE ESTE BIEN HECHO	6	7	9	10	6	5	4	10	4	3	SI	4	SI	EL QUE AGUA, DECORACION	NO CONOCE	C	SI	COSTO	COSTO			
4	MONY	SANTA ANITA	18	M	NO	VIVE CON ALGUIEN	5	MUY SATISFECHO	11	4	SI	4	450	NO	NO CUENTA	MENOS 4000	BUNA CONSTRUCCION	7	8	10	9	6	5	4	20	12	5	SI	4	SI	CHEE EN CHINA	PROVINE DE CHINA	C	NO	DESCONCE LA PLANTA	NO CONOCE LA PLANTA			
5	MONY	SANTA ANITA	42	M	SI	CREDITO	1	MUY SATISFECHO	5	2	SI	2	NO SABE	SI	INFORMAVIT	MAS 8000	AMPLIUD	6	10	9	8	5	7	4	10	5	2	SI	2	SI	LA HA VISTO	HA VISTO	C	SI	SI OFRECE LO MIMO QUE LO TRADICIONAL	OTROS			
6	MONY	SANTA ANITA	40	M	NO	PRESTADA	3	SATISFECHO	4	1	SI	0	NO SABE	NO	NO CUENTA	4000-6000	SERVICIOS BASICOS	10	7	8	9	4	8	4	10	5	2	SI	2	SI	SENY PARA HACER MARINE DECORATIVA	NO CONOCE	C	SI	COSTO	COSTO			
8	MONY	SANTA ANITA	38	F	SI	HERENCIA	3	MUY SATISFECHO	7	2	SI	3	NO SABE	NO	NO CUENTA	MENOS 4000	SERVICIOS BASICOS	8	9	7	10	6	5	4	14	8	3	SI	3	SI	QUE TIENE MUCHO POLAUE	NO CONOCE	A	SI	COSTO Y SI ASEGURAN DURACION	COSTO			
9	MONY	SAN AGUSTIN	37	F	NO	PRESTADA	5	SATISFECHO	6	2	SI	2	NO SABE	NO	NO CUENTA	MENOS 4000	LA COCINA DOMINOTORY BAÑO	10	7	9	6	8	5	4	9	3	3	SI	3	NO	NO CONOCE	NO CONOCE	C	SI	S CONSTRUCCION SE VE FIRME, BONITA Y ECONOMICA	DISEÑO			
10	MONY	SAN AGUSTIN	33	F	NO	PRESTADA	8	SATISFECHO	3	1	SI	2	NO SABE	NO	NO CUENTA	4000-6000	SERVICIOS BASICOS	9	10	7	8	6	5	4	9	3	3	SI	1	SI	QUE LO UTILIZAN PARA HACER COSAS	FABRICACION DE MUEBLES Y OTROS	B	SI	SI CUENTA CON LOS SERVICIOS BASICOS	DISEÑO			
11	MONY	SANTA ANITA	39	F	SI	CONSTRUCCION	2	MUY SATISFECHO	8	2	SI	2	NO SABE	SI	INFORMAVIT	MAS 8000	OTROS	8	7	9	10	5	6	4	9	3	3	SI	2	NO	NO CONOCE	NO CONOCE	C	NO	REGULAR DURABILIDAD	DURABILIDAD			
14	MONY	SANTA ANITA	54	M	SI	CREDITO	3	MUY SATISFECHO	3	2	SI	1	NO SABE	SI	INFORMAVIT	MAS 8000	UBICACION	10	8	7	9	6	5	4	8	3	2	SI	2	SI	MAU RESIDENTE	RESISTENTE	C	NO	COSTUMBRAS	COSTUMBRAS			
15	MONY	SANTA ANITA	45	F	SI	PRESTADA	6	1	SI	0	NO SABE	NO	NO CUENTA	4000-6000	SERVICIOS BASICOS	10	7	8	9	6	5	4	9	4	2	SI	2	SI	UNA PANA LLAMAR	RESISTENTE	B	SI	POR EL MATERIAL	RESISTENTE					
16	MONY	SANTA ANITA	46	F	SI	CONSTRUCCION	4	SATISFECHO	6	2	SI	2	560	NO	NO CUENTA	6000-8000	LAS RECAMARAS AMPARUS Y COCINA	9	7	8	10	6	5	4	10	4	3	SI	3	SI	PARCE TRONCO SE LO COME EL OSEA	ALIMENTO ANIMALES	B	SI	COSTO	COSTO			
17	MONY	SANTA ANITA	52	F	SI	CONSTRUCCION	2	MUY SATISFECHO	7	2	SI	1	140	NO	NO CUENTA	4000-6000	PRO. BAÑO Y VIVANDER	7	10	6	9	8	5	4	10	5	2	SI	1	SI	SE VE BONITA	DECORATIVO	C	SI	SERIA FRECA, ECOLOGICA Y BARATA	ECOLOGICA			
18	MONY	SAN AGUSTIN	52	F	SI	HERENCIA	3	SATISFECHO	4	1	SI	1	NO SABE	SI	INFORMAVIT	4000-6000	SERVICIOS BASICOS	9	7	10	8	5	6	4	11	5	2	SI	3	SI	DECORACION DE JARDINES	NO CONOCE	C	SI	POR LO FRESCO Y EL DISEÑO	DISEÑO			
19	MONY	SANTA ANITA	36	M	SI	HERENCIA	3	SATISFECHO	8	2	SI	0	170	SI	INFORMAVIT	4000-6000	ACARAZOS Y VENTILACION	9	10	8	7	6	5	4	9	4	3	SI	2	SI	AUMENTO DE PANALES ORIGINARIO DE ASIA	ALIMENTO ANIMALES	B	SI	DURABILIDAD Y COSTO	DURABILIDAD			
20	MONY	SANTA ANITA	33	M	NO	RENTADA	4	POCO SATISFECHO	4	1	SI	0	NO SABE	NO	NO CUENTA	MENOS 4000	SERVICIOS BASICOS	10	9	7	6	5	4	9	5	2	SI	1	NO	NO CONOCE	NO CONOCE	A	NO	LA COSTUMBRE	COSTUMBRAS				
21	MONY	SAN AGUSTIN	28	F	NO	VIVE CON ALGUIEN	8	POCO SATISFECHO	4	2	SI	0	NO SABE	SI	INFORMAVIT	8000-8000	CUARTO Y JARDIN	7	8	9	10	6	5	4	7	2	2	SI	2	NO	NO CONOCE	NO CONOCE	B	SI	SI SE SUPONE QUE ES AGUA AL ACERO	RESISTENTE			
22	MONY	SANTA ANITA	28	F	SI	CREDITO	4	SATISFECHO	3	2	SI	1	NO SABE	NO	NO CUENTA	4000-6000	CUARTO COCINA AMPARU	10	7	8	9	6	5	4	10	4	3	SI	2	SI	PARA HACER CASAS	CONSTRUCCION DE CASAS	A	SI	MAS PRACTICA Y MENOS COSTOSA	COSTO			
23	MONY	SANTA ANITA	28	M	NO	VIVE CON ALGUIEN	5	SATISFECHO	8	3	SI	2	600	NO	NO CUENTA	4000-6000	TERMINAL, CUARTOS Y BAÑO	7	8	9	10	5	6	4	11	4	4	SI	3	SI	SE PUEDEN HACER CORTINAS Y PISOS	FABRICACION DE MUEBLES Y OTROS	C	SI	POR ECONOMICA	COSTO			
24	MONY	SANTA ANITA	45	F	SI	CREDITO	4	SATISFECHO	8	3	SI	2	NO SABE	NO	NO CUENTA	4000-8000	RECAMARA BAÑO Y COCINA	9	8	5	10	7	6	4	10	4	3	SI	2	SI	DECORATIVA AROMATICA	DECORATIVO	A	SI	MAS NATURAL FRESCA Y AGUSTO EL AMBIENTE	ECOLOGICA			
25	MONY	PLAZA DEL SOL	25	F	SI	CREDITO	4	SATISFECHO	4	1	SI	1	NO SABE	SI	INFORMAVIT	MENOS 4000	QUE SEA GRANDE	7	10	5	9	8	6	4	9	4	2	SI	2	NO	NO CONOCE	NO CONOCE	B	SI	ES MAS RESISTENTE Y ORGANICA	ECOLOGICA			
26	MONY	PLAZA DEL SOL	34	M	SI	CREDITO	2	SATISFECHO	3	1	SI	1	128	SI	INFORMAVIT	MENOS 4000	AMPLIUD	7	10	9	6	4	5	9	4	3	SI	2	SI	NO MAS LA HA VISTO	HA VISTO	C	SI	TIENE MEJOR DISEÑO Y RESISTENCIA	DISEÑO				
28	MONY	SAN AGUSTIN	52	F	SI	HERENCIA	3	MUY SATISFECHO	2	1	SI	2	125	SI	INFORMAVIT	4000-6000	SERVICIOS BASICOS	10	9	6	8	7	5	4	8	3	2	SI	2	SI	SE HACEN MUEBLES	FABRICACION DE MUEBLES Y OTROS	C	SI	MAS RESISTENTE	RESISTENTE			
29	MONY	SAN AGUSTIN	19	M	SI	PRESTADA	5	SATISFECHO	6	1	SI	0	50	SI	INFORMAVIT	MAS 8000	QUE ESTE BIEN HECHO	10	9	7	8	4	7	5	4	10	4	3	SI	2	SI	CONSTRUCCION CASAS	CONSTRUCCION DE CASAS	B	SI	ECOLOGIA Y RESISTENCIA	ECOLOGICA		
31	MONY	SAN AGUSTIN	19	M	SI	HERENCIA	3	SATISFECHO	8	3	SI	0	NO SABE	NO	NO CUENTA	6000-8000	CONSTRUCCION Y VISOBO	8	7	10	9	6	5	4	10	4	3	SI	3	SI	DISEÑAR	FABRICACION DE MUEBLES Y OTROS	C	SI	LA TABARRA DE CASA DE CAMPO	OTROS			
32	MONY	SANTA ANITA	18	F	RENTADA	4	SATISFECHO	4	1	SI	0	NO SABE	NO	NO CUENTA	4000-6000	RENTADA	9	10	5	6	4	5	4	10	4	3	SI	2	NO	QUE SE LA SUGIERA	NO CONOCE	C	NO	RESISTENTE	RESISTENTE				
33	MONY	SAN AGUSTIN	37	M	NO	PRESTADA	7	POCO SATISFECHO	2	1	SI	1	70	NO	NO CUENTA	4000-6000	BONITA FACHADA	7	8	7	6	5	4	8	3	2	SI	1	SI	TERMINADOS	DECORATIVA	A	NO	SE QUEMA	SE QUEMA				
34	MARTIN	SAN AGUSTIN	21	M	NO	VIVE CON ALGUIEN	3	SATISFECHO	4	1	SI	0	NO SABE	SI	INFORMAVIT	4000-6000	SERVICIOS BASICOS	9	8	5	10	7	6	4	9	3	3	SI	3	SI	PARA JARDIN	DECORATIVO	A	SI	COSTO Y RESISTENTE	COSTO			
35	MARTIN	SAN AGUSTIN	14	M	NO	HERENCIA	8	SATISFECHO	5	1	SI	0	NO SABE	SI	INFORMAVIT	MENOS 4000	BONITA Y JARDIN	9	8	7	10	6	5	4	9	3	2	SI	0	SI	RESISTENTE	RESISTENTE	A	SI	NO LE GUSTARIA	DISEÑO			
36	MARTIN	SAN AGUSTIN	26	F	NO	VIVE CON ALGUIEN	10	SATISFECHO	6	2	SI	0	NO SABE	NO	NO CUENTA	MENOS 4000	SERVICIOS BASICOS	10	9	8	6	7	5	4	8	3	2	SI	0	SI	PLANTA DE JARDIN	DECORATIVO	A	SI	RESISTENTE	RESISTENTE			
37	MARTIN	CAMINO REAL A COLUMA	40	F	SI	HERENCIA	5	SATISFECHO	5	2	NO	0	NO	NO	NO CUENTA	MENOS 4000	BEN CONSTRUIDA	10	9	6	8	7	5	4	11	5	3	SI	2	SI	ADORNAR CASAS	DECORATIVO	C	SI	COSTO Y RESISTENTE	COSTO			
38	MARTIN	CAMINO REAL A COLUMA	35	F	NO	RENTADA	3	SATISFECHO	1	2	NO	0	NO	NO	NO CUENTA	MENOS 4000	BAÑO Y JARDIN	10	8	6	9	7	5	4	8	3	2	SI	0	SI	COMO NADA	ALIMENTO ANIMALES	A	SI	COSTO	COSTO			
39	MARTIN	CAMINO REAL A COLUMA	35	F	NO	PRESTADA	5	POCO SATISFECHO	3	1	SI	3	105	NO	NO CUENTA	MENOS 4000	PATIO GRANDE	10	8	7	9	6	5	4	12	4	5	SI	1	SI	RESISTENTE Y COMEN LOS OSES PANDA	RESISTENTE	B	SI	AYUDA LA NATURALIEZA Y EL COSTO	ECOLOGICA			
40	MARTIN	EL CORTIJO	26	F	NO	VIVE CON ALGUIEN	11	NADA SATISFECHO	4	2	SI	0	NO SABE	NO	NO CUENTA	MENOS 4000	FACHADA Y COCINA	10	8	5	9	7	6	4	11	5	3	SI	4	SI	ES UN PAJO	HA VISTO	B	SI	POR DURACION	DURABILIDAD			
41	MARTIN	EL CORTIJO	14	F	NO	VIVE CON ALGUIEN	6	SATISFECHO	4	1	SI	0	NO SABE	NO	NO CUENTA	MENOS 4000	CUARTOS BAÑOS (COCINA, DOMINOTOROS, BAÑOS)	7	8	7	9	6	5	4	8	3	2	SI	4	NO	NO CONOCE	NO CONOCE	A	NO	DISEÑO	DISEÑO			
42	MARTIN	EL CORTIJO	29	M	NO	VIVE CON ALGUIEN	5	NADA SATISFECHO	4	1	SI	0	120	NO	NO CUENTA	MENOS 4000	COCHERA Y CUARTOS	7	7	9	6	5	4	13	5	3	SI	2	SI	ES UN PAJO	HA VISTO	C	SI	SI ESTA BIEN TRABAJADO	DISEÑO				
43	MARTIN	EL CORTIJO	28	F	NO	VIVE CON ALGUIEN	4	SATISFECHO	4	2	SI	0	NO SABE	NO	NO CUENTA	4000-6000	UBICACION	10	9	8	7	6	5	4	8	3	2	SI	2	SI	EL LUNA PLANTA	DECORATIVO	C	SI	DISEÑO	DISEÑO			
44	MARTIN	EL CORTIJO	45	F	NO	CREDITO	3	POCO SATISFECHO	4	1	SI	0	115	NO	NO CUENTA	4000-6000	AMPLIUD	8	7	10	9	5	6	4	6	2	1	SI	2	SI	MAU RESIDENTE	RESISTENTE	A	SI	COSTO Y DURABILIDAD	COSTO			
45	MARTIN	EL CORTIJO	23	M	NO	VIVE CON ALGUIEN	10	SATISFECHO	5	1	SI	0	NO SABE	NO	NO CUENTA	MENOS 4000	TERMINADOS	10	8	6	9	7	5	4	15	8	4	SI	0	SI	PARA JARDIN	DURACION	A	SI	COSTO	DURACION			
46	MARTIN	EL CORTIJO	43	M	SI	CREDITO	5	NADA SATISFECHO	6	2	SI	0	117	NO	NO CUENTA	4000-6000	UBICACION	6	7	10	8	9	5	4	13	5	5	SI	2	SI	A TRABAJADO CON ELIA	HA VISTO	B	SI	DISEÑO Y COSTO	DISEÑO			
47	MARTIN	EL CORTIJO	26	F	NO	VIVE CON ALGUIEN	3	SATISFECHO	5	1	SI	0	NO SABE	NO	NO CUENTA	MENOS 4000	SERVICIOS BASICOS	10	8	9	7	6	5	4	10	5	2	SI	4	NO	NO CONOCE	NO CONOCE	C	NO	NO LE GUSTARIA	NO LE GUSTARIA			
51	MONY	SANTA ANITA	52	F	SI	AUTOCONSTRUCCION	4	MUY SATISFECHO	8	3	SI	2	320	SI	NO CUENTA	4000-6000	COCINA Y JARDIN	10	9	7	5	6	4	10	9	4	3	SI	4	NO	CUARTOS BASICOS (COCINA, DOMINOTOROS, BAÑOS)	CONSTRUCCION DE CASAS	B	SI	ECOLOGICO	ECOLOGICO			
52	MONY	SANTA ANITA	26	F	NO	PRESTADA	11	SATISFECHO	7	1	SI	0	NO SABE	NO	NO CUENTA	4000-6000	CONDOMINIO	10	9	6	8	7	5	4	8	3	2	SI	2	SI	PLANTA RESISTENTE, DURADERA ORIGINARIA DE JAPON	RESISTENTE	C</						